



ANÁLISIS DEL USO DEL AGUA DE RIEGO EN LA ZONA REGABLE DEL CANAL DEL CINCA



AUTOR DEL PROYECTO : PABLO RUIZ ZÚÑIGA		DOCUMENTOS : INTRODUCCIÓN OBJETIVOS MATERIAL Y MÉTODOS RESULTADOS CONCLUSIÓN	
TUTOR: LLUIS COTS RUBIO	ESTUDIOS: INGENIRO AGRÓNOMO ETSEA-LLEIDA	FECHA :	
COTUTORES: JOSÉ CAVERO ENRIQUE PLAYÁN		ENERO 2008	

Índice:

1.- <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1.- <u>INTRODUCCIÓN</u>	2
1.2.- <u>COMUNIDAD DE REGANTES</u>	4
1.3.- <u>MODERNIZACIÓN DE REGADIOS</u>	6
1.4.- <u>ESTUDIO DE SUELOS</u>	7
1.5.- <u>DIRECTIVA MARCO DE AGUAS</u>	8
1.6.- <u>APLICACIONES INFORMÁTICAS EN COMUNIDADES DE REGANTES</u>	10
2.- <u>OBJETIVOS DEL TRABAJO</u>	11
2.1.- <u>OBJETIVOS DEL TRABAJO</u>	12
3.- <u>MATERIAL Y MÉTODOS</u>	13
3.1.- <u>ADOR</u>	14
3.1.1.- <u>USOS DEL AGUA</u>	16
3.1.2.- <u>LA RED DE RIEGO</u>	17
3.2.- <u>COMUNIDAD DE REGANTES DE “LA CAMPAÑA”</u>	20
3.2.1.- <u>LOCALIZACIÓN</u>	20
3.2.2.- <u>CLIMATOLOGÍA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO (2002, 2003, 2004)</u>	24
3.2.3.- <u>EDAFOLOGÍA CARACTERÍSTICA</u>	26
3.2.4.- <u>ANÁLISIS DE SUELOS EN LA COMUNIDAD DE REGANTES</u>	27
3.2.5.- <u>RED DE DISTRIBUCIÓN</u>	30
3.2.6.- <u>SISTEMA DE PETICIÓN Y ASIGNACIÓN DEL AGUA</u>	34
3.2.7.- <u>CULTIVOS</u>	36
3.3.- <u>INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS EN ADOR</u>	37

3.3.1.- INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS DE CULTIVO EN CADA PARCELA.....	37
3.3.2.- INTRODUCCION DE CONCESIONES.....	39
3.4.- <u>ANÁLISIS DE LOS DATOS</u>	41
3.4.1.- DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS.....	41
3.4.2.- VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES DURANTE 2002, 2003, 2004.....	41
3.4.3.- AGUA DE RIEGO APLICADA A LOS CULTIVOS.....	41
3.4.4.- AGUA DE RIEGO APLICADA POR PARCELA.....	42
3.4.5.- AGUA DE RIEGO APLICADA POR UNIDAD DE GESTIÓN.....	42
3.4.6.- AGUA DE RIEGO UTILIZADA POR PAGADOR DE AGUA (REGANTE).....	42
3.4.7.- CÁLCULO DEL ÍNDICE ESTACIONAL DE CALIDAD DE RIEGO (SIPI).....	43
3.4.8.- CÁLCULO DEL ÍNDICE MENSUAL DE CALIDAD DE RIEGO (MIPI).....	44
3.4.9.- VARIACIÓN DEL ÍNDICE ESTACIONAL DE CALIDAD DE RIEGO EN LOS AÑOS 2002, 2003, 2004 Y 2006.....	45
 4.- <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	 46
 4.1.- <u>CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES</u>	 47
4.1.1.- PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS.....	52
4.1.2.- PEDREGOSIDAD.....	53
4.1.3.- CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.....	55
4.2.- <u>ANÁLISIS DEL USO DEL AGUA EN LOS AÑOS 2002, 2003, 2004</u> ...	58
4.2.1.- DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS EN LA COMUNIDAD.....	58
4.2.2.- DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS POR TÉRMINO MUNICIPAL.....	60
4.2.3.- DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS POR UNIDAD DE GESTIÓN.....	63

4.2.4.-VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES DURANTE LOS AÑOS DE ESTUDIO.....	66
4.2.5.- AGUA DE RIEGO APLICADA A LOS CULTIVOS.....	67
4.2.5.1.- VOLUMEN TOTAL Y VOLUMEN MEDIO POR HECTÁREA....	67
4.2.5.2.- VARIABILIDAD DEL VOLUMEN DE AGUA DE RIEGO APLICADA A LOS DISTINTOS CULTIVOS.....	71
4.2.6.- AGUA DE RIEGO APLICADA A LAS PARCELAS.....	76
4.2.7.-AGUA DE RIEGO APLICADA POR UNIDAD DE GESTIÓN.....	78
4.2.7.1.- VOLUMEN TOTAL Y MEDIO APLICADO POR UNIDAD DE GESTIÓN.....	78
4.2.8.- AGUA UTILIZADA POR PAGADOR DE AGUA (REGANTE).....	80
4.2.9.-EVOLUCIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DE RIEGO A NIVEL ESTACIONAL (SIPI) Y MENSUAL (MIPI) DURANTE 2002, 2003 Y 2004.....	85
4.2.9.1.- SIPI PARA TODA LA COMUNIDAD.....	85
4.2.9.2.- EVOLUCIÓN DEL SIPI POR CULTIVOS.....	85
4.2.9.3.- EVOLUCIÓN DEL MIPI POR CULTIVOS.....	87
4.2.9.4.-EVOLUCIÓN DEL SIPI SEGÚN TAMAÑO DE PARCELAS.....	92
4.2.9.5.-EVOLUCIÓN DEL SIPI POR CULTIVO SEGÚN UNIDADES DE GESTIÓN.....	94
 4.3.- <u>COMPARACIÓN DEL USO DEL AGUA TRAS LA MODERNIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO</u>.....	 98
4.3.1.- VARIACIÓN DEL INDICE ESTACIONAL DUARANTE LOS AÑOS 2002, 2003, 2004 y, 2006. SEGÚN USO DE INFRAESTRUCTURAS (ACEQUIAS, TUBERIAS)	98
4.3.2.-EVOLUCIÓN DEL SIPI MEDIO (2002, 2003, 2004 Y 2006)	98
4.3.3.-EVOLUCIÓN DEL SIPI MEDIO POR CULTIVOS (2002, 2003, 2004 Y 2006)	99
4.3.4.-EVOLUCIÓN DEL SIPI POR INTERVALOS Y POR CULTIVOS (2002, 2003, 2004 Y 2006)	101
4.3.5.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS.....	102

4.3.6.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA PEDREGOSIDAD DE LOS SUELOS.....	104
4.3.7.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA CRAD DE LOS SUELOS.....	105
4.3.8.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO POR CULTIVO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA CRAD.....	107
4.3.8.1-Alfalfa.....	107
4.3.8.2-Arroz.....	109
4.3.8.3.-Maíz.....	110
 5.- <u>CONCLUSIONES</u>.....	113
 6.- <u>BIBLIOGRAFÍA</u>.....	118

Índice de figuras:

Figura 3.1. Formulario identificador de parcelas.

Figura 3.2. Formulario usos diferentes del agua.

Figura 3.3. Formulario de caracterización de las unidades de gestión en la red de acequias.

Figura 3.4. Formulario de caracterización de las unidades de gestión en la nueva red de tuberías.

Figura 3.5. Mapa de localización de la CR La Campaña.

Figura 3.6. Mapa general de Riegos del Alto Aragón, embalses que abastecen los regadíos y canales de distribución.

Figura 3.7. Términos municipales, localidades y principales vías de comunicación en la Comunidad de Regantes.

Figura 3.8. Mapa de la comunidad con las parcelas en que se recogieron las muestras de suelos.

Figura 3.9. Mapa de la red de acequias de la comunidad, en color amarillo las mas representativas.

Figura 3.10. Mapa de la nueva red de tuberías de la comunidad.

Figura 3.11. Formulario de asignación petición-concesión de agua en las acequias.

Figura 4.1. Mapa de la comunidad dividido en zonas de suelos.

Figura 4.2. Profundidades medias máximas alcanzadas en cada zona.

Figura 4.3. Relación entre el SIPI medio y las diferentes profundidades de suelo

Figura 4.4. Pedregosidad media en porcentaje en cada zona.

Figura 4.5. Relación entre el SIPI medio y la pedregosidad (%).

Figura 4.6. CRAD (mm) en cada zona.

Figura 4.7. Relación entre el SIPI medio y la CRAD (mm).

Figura 4.8. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en la unidad de gestión A-8-4.

Figura 4.9. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en la unidad de gestión A-8-10.

Figura 4.10. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en la unidad de gestión A-8-12.

Figura 4.11. Comparación del consumo medio de todas las parcelas frente a las parcelas superiores a 2 ha en el año 2002.

Figura 4.12. Comparación del consumo medio de todas las parcelas frente a las parcelas superiores a 2 ha en el año 2003.

Figura 4.13. Comparación del consumo medio de todas las parcelas frente a las parcelas superiores a 2 ha en el año 2004.

Figura 4.14. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de la alfalfa, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

Figura 4.15. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de maíz, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

Figura 4.16. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de arroz, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

Figura 4.17. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de cebada, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

Figura 4.18. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de trigo blando, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

Figura 4.19. Evolución en porcentaje de la superficie regada por hectárea y año en diferentes intervalos de consumo.

Figura 4.20. Volumen total de agua consumido por unidad de gestión en los años de referencia.

Figura 4.21. Volumen medio de consumo por unidad de gestión en los años de referencia.

Figura 4.22. Número de regantes en relación a los diferentes intervalos de volumen de agua por hectárea y año de riego aplicado por unidad de superficie.

Figura 4.23. Superficie regada en los diferentes intervalos de volumen aplicado por hectárea y año en los años de referencia.

Figura 4.24. Relación entre el riego aplicado y la superficie regada por cada regante en 2002

Figura 4.25. Relación entre el riego aplicado y la superficie regada por cada regante en 2003

Figura 4.26. Relación entre el riego aplicado y la superficie regada por cada regante en 2004

Figura 4.27. Evolución del SIPI en los cultivos representativos de la comunidad de regantes.

Figura 4.28. Evolución del MIPI del cultivo de alfalfa.

Figura 4.29. Evolución del MIPI del cultivo de arroz.

Figura 4.30. Evolución del MIPI del cultivo de maíz.

Figura 4.31. Evolución del MIPI del cultivo de girasol.

Figura 4.32. Evolución del MIPI del cultivo de cebada.

Figura 4.33. Evolución del MIPI del cultivo de trigo blando.

Figura 4.34. Evolución del SIPI medio por cultivos según sistema de transporte.

Figura 4.35. Porcentaje de superficie por cultivo en el intervalo de SIPI 80-120, según sistema de distribución.

Figura 4.36.-Relación SIPI-CRAD en el cultivo de la alfalfa durante los años 2002, 2003, 2004 y 2006.

Figura 4.37.-Relación SIPI-CRAD en el cultivo del arroz durante los años 2002, 2003, 2004 y 2006.

Figura 4.38.-Relación SIPI medio-CRAD en el cultivo del arroz durante los años 2002 al 2004 y 2006.

Figura 4.39.-Relación SIPI-CRAD en el cultivo del maíz durante los años 2002, 2003, 2004 y 2006.

Figura 4.40.-Relación SIPI medio-CRAD en el cultivo del maíz durante los años 2002 al 2004 y 2006.

Índice de tablas:

Tabla 3.1. Valores meteorológicos significativos.

Tabla 3.2. Valores de temperatura media mensual, precipitación y evapotranspiración de referencia en los años de estudio.

Tabla 3.3. Descripción de los datos que ofrece la declaración de la PAC.

Tabla 3.4. Épocas de riego para los cultivos representativos.

Tabla 4.1. Parcelas en las que se tomaron las muestras, profundidad máxima que se alcanzó, pedregosidad y CRAD medio de cada una de las muestras.

Tabla 4.2. Valores de pedregosidad en porcentaje, CRAD en milímetros y superficie en hectáreas de cada una de las zonas.

Tabla 4.3. Distribución por cultivo y año de los cultivos más representativos de la comunidad de regantes a lo largo del periodo de estudio

Tabla 4.4. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Barbastro.

Tabla 4.5. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Ilche.

Tabla 4.6. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Castejón del Puente.

Tabla 4.7. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Monzón.

Tabla 4.8. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de San Miguel del Cínca.

Tabla 4.9.-Evolución de la superficie regada en los años de estudio en las diferentes unidades de gestión.

Tabla 4.10. Evolución de los volúmenes del agua facturada por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y la que figura en la base de datos de ADOR.

Tabla 4.11. Evolución del consumo medio por hectárea y año de los cultivos de alfalfa y maíz.

Tabla 4.12. Evolución del consumo medio por hectárea y año de los cultivos de cebada y trigo blando.

Tabla 4.13. Volumen total de agua aplicada a los distintos cultivos

Tabla 4.14. Volumen de agua de riego aplicado por unidad de superficie según la superficie regada por cada regante y año.

Tabla 4.15. Evolución del SIPI

Tabla 4.16. Evolución del SIPI en los cultivos representativos de la comunidad de regantes.

Tabla 4.17. Porcentaje de superficie regado en cada uno de los intervalos analizados, para los distintos cultivos.

Tabla 4.18. Evolución del SIPI medio según intervalos de superficie.

Tabla 4.19. Evolución del porcentaje de superficie regada en los diferentes intervalos de SIPI para parcelas mayores de 10 ha y SIPI medio.

Tabla 4.20. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de alfalfa según unidad de gestión.

Tabla 4.21. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de arroz según unidad de gestión.

Tabla 4.22. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de cebada según unidad de gestión.

Tabla 4.23. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de girasol según unidad de gestión.

Tabla 4.24. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de maíz según unidad de gestión.

Tabla 4.25. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de trigo blando según unidad de gestión.

Tabla 4.26. SIPI medio de las parcelas con riego de diferentes sistemas.

Tabla 4.27. Superficie en hectáreas y por cultivos utilizados para el SIPI.

Tabla 4.28. Porcentaje de superficie regada según intervalos del SIPI en los años de estudio.

Tabla 4.29. Relación SIPI-Profundidad para los diferentes sistemas de riego.

Tabla 4.30. Relación SIPI-Pedregosidad para los diferentes sistemas de riego.

Tabla 4.31. Relación SIPI-CRAD para los diferentes sistemas de riego.

Tabla 4.32.-Relación SIPI medio-CRAD en el cultivo de la alfalfa entre 2002 al 2004 y 2006.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN

En estos últimos años se ha visto un gran movimiento en la modernización de regadíos en la zona de estudio del proyecto final de carrera. Uno de estos avances mas visibles, aunque no del todo implantado es el manejo y funcionamiento de las comunidades de regantes de base del programa ADOR para la gestión del agua y apoyo al regante. Con este trabajo que se ha llevado a cabo, se puede comprobar como gracias a las herramientas informáticas, se obtiene un control mayor sobre la gestión del líquido elemento tan importante hoy en día.

Por lo dicho anteriormente surge la motivación personal de realización de este trabajo de estudio y análisis del uso del agua. La posibilidad de que este trabajo sirva de vehículo para hacer ver a parte de la sociedad el significado del uso racional del agua en el campo. Pasando la agricultura de ser una depredadora de agua, a ser un vehículo de vertebración de la sociedad y bienestar existente en el mundo rural. Todo esto gracias, al cambio de rumbo de la agricultura hacía el ahorro y uso más eficaz del agua con las obras de modernización que se están llevando a cabo.

Durante el desarrollo del presente trabajo, se ha llevado a cabo la modernización de la comunidad de regantes, la cual consta de una superficie regable de alrededor de 5100 ha, dotando a dicha comunidad de una red de tuberías enterradas, las cuales acaban en la parcela con una válvula para el riego de la finca mediante riego a manta si la parcela es pequeña, o para el riego con el amueblamiento en parcela.

A menos de un 5% de toda esta superficie se le ha de suministrar el agua mediante bombeo. El resto de las hectáreas se riegan por presión natural. Lo que hace de esta comunidad de regantes un sitio idóneo para una modernización a nivel de parcela (amueblamiento), debido a que los gastos que se generan solo son los consecuentes de instalar la cobertura en la parcela, dejando a un lado lo que ocurre en otras comunidades del sistema que tienen que gastarse un porcentaje elevado en el consumo de gasoil o electricidad para conseguir presión suficiente para el riego mediante el bombeo.

Otro punto a favor de esta modernización de regadíos, es que dicha comunidad tiene una balsa de regulación de alrededor de medio hectómetro cúbico a menor cota que el canal por el cual recibe el agua de la Confederación Hidrográfica del Ebro, por lo que no se gasta ningún tipo de energía para hacer entrar el agua del canal a la balsa de regulación. Las 250 ha de bombeo existentes están por debajo de la cota de la balsa pero no tanto como para conseguir presión suficiente para el riego. En el resto de la superficie de la comunidad de regantes ya existe un desnivel tal que las parcelas más desfavorables cuentan con una presión a la salida del hidrante de 4 kg/cm^2 .

Gracias a estas obras nos encontramos con la posibilidad de un primer estudio ante el cambio de riego. Ya que en “La Campaña”, ya existían parcelas amuebladas pero que se regaban con el uso de motores, ya fueran estos de gasoil o eléctricos. La superficie existente de parcelas amuebladas anterior a la nueva red de tuberías era cerca de 500 ha. Lo que una vez casi acabadas las obras esta superficie se ha incrementado en 1000 ha, con lo que asciende el número de hectáreas modernizadas aproximadamente a 1500 ha.

1.2.- COMUNIDAD DE REGANTES

La comunidad de regantes es el órgano encargado de la gestión del agua, tanto desde el punto de vista medioambiental, técnico, como administrativo. Antes de proseguir con la explicación cabe destacar la diferencia entre comunidad de regantes y comunidad de usuarios. En el caso del primer término, es solamente una agrupación de personas que utilizan únicamente el agua para regar. Sin embargo en la segunda acepción de comunidad se refiere a que el agua puede ser utilizada para otros usos aparte del de riego, como pueden ser, usos industriales, ganaderos o urbanos. Con la proliferación de los usos distintos al riego así como la importancia de estos se tiende a cambiar el término de “comunidad de regantes” por “comunidad de usuarios” (Playán y col., 2004).

La Administración concede mucha importancia a las tareas que desempeñan las comunidades de regantes. Así, por ejemplo, todos aquellos usuarios que deseen utilizar una fuente común de agua deben constituirse en comunidad de regantes, según establece el artículo 73 de la Ley de Aguas. Esta Ley es la que rige las comunidades de regantes, y establece los fundamentos de su estructura, competencias y potestades. La Ley establece que las comunidades de regantes son de hecho una extensión de la Administración Pública (Cardeña 2004) aunque en muchos casos esta extensión, por ejemplo para la obtención de ciertos datos que serían relevantes para una mejor gestión del agua, como pueden ser los cultivos existentes en las diferentes parcelas, no se les permite a las comunidades tener acceso a estos.

Cada comunidad de regantes redactará y aprobará sus estatutos, los cuales serán sometidos al organismo de cuenca para su aprobación administrativa. En el caso de la comunidad llevada a estudio así como en otras colindantes a esta y que también han sufrido o están en ello, el proceso de modernización, se ha optado también por una modernización de los estatutos de las comunidades, ya que los existentes eran antiguos para los usos del agua de hoy, así como para las formas de regar y de entender la tierra. Se está intentando que todas estas comunidades tengan estatutos similares, salvando las características específicas de cada una.

Los estatutos tienen como función la regulación y organización de la comunidad. Dicha organización se basa en una serie de cargos ostentados por los propietarios de las parcelas que se ubican en la comunidad. Los órganos fundamentales de una comunidad son la Junta o Asamblea general, la junta de gobierno y el jurado. Todos estos órganos vienen descritos en la Ley de aguas 29/1985, de 2 de agosto, modificada por la Ley 46/1999, de 13 de diciembre.

1.3.- MODERNIZACIÓN DE REGADIOS

En un primer momento, en distintos planes hidrológicos de cuenca aprobados en 1998, se incluyen relaciones de zonas regables en donde se proponen la realización de actuaciones de modernización y mejora.

También el Plan Nacional de Regadíos contempla actuaciones de modernización en los regadíos existentes, hasta el 2008, sobre una superficie que supera el millón de hectáreas, que podrían inducir un ahorro de agua del orden de $2.700 \text{ hm}^3/\text{año}$, es decir más del 10% del agua demandada por el regadío español. Todo esto obtenido a partir de la disminución de pérdidas de agua en conducción y distribución.

Por lo que se ha comentado hasta ahora, se contempla el desarrollo de actuaciones básicas de modernización, como son la reparación de las estructuras hidráulicas existentes, la modificación del sistema de transporte y distribución, el cambio del sistema de aplicación del riego, mejora de la capacidad de regulación y control del agua.

La modernización de regadíos es una de las palabras claves relacionadas con este trabajo, así como con la actualización de la agricultura. Dicho título indica mayor tecnificación, eficacia y eficiencia en el uso del agua.

La tecnificación en esta comunidad ha pasado por la sustitución o posibilidad de sustitución del riego por acequias, al riego mediante el uso de las nuevas redes de tuberías instaladas en la obra de modernización. Otro punto de tecnificación en la comunidad es la instalación de un sistema de telecontrol vía radio, para la correcta gestión de los diferentes puntos de control de las tuberías. El uso de la tecnología mas avanzada hasta el momento en sistemas de filtrado, regulación y bombeo.

En cuanto a eficacia y eficiencia, son dos términos que van unidos, ya que si se consigue que el transporte del agua por medio de tuberías, sea más eficaz, en su transporte, se esta consiguiendo que la gestión del agua sea mas eficiente.

1.4.- ESTUDIO DE SUELOS

En esta comunidad a estudio existe un primer análisis de suelos, que se realizó en una pequeña zona de algo menos de un 10% del total de la superficie de la comunidad de regantes (Salvador., 2000).

Por eso viendo importante la obtención de estos datos para un mejor análisis de las necesidades hídricas de los cultivos, se ha realizado un estudio análogo. Este estudio se hizo extensivo al resto de la superficie de la comunidad.

Se han recogido muestras de suelo en 51 parcelas diferentes y repartidas de tal modo que queden a la luz el mayor tipo de suelos existentes. Por lo que para la recogida de muestras se dividió la superficie en 26 zonas diferentes. Estas zonas se delimitaron teniendo en cuenta los distintos cultivos, los cambios orográficos de la zona, la experiencia del guarda y de los agricultores de la zona. El análisis de las muestras se llevo a cabo en los laboratorios del CSIC en el AULA DEI de Zaragoza.

1.5.- DIRECTIVA MARCO DE AGUAS

La Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, conocida comúnmente como directiva Marco de aguas, obligó a modificar el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, que aprobó el texto refundido de la Ley de Aguas, lo que se hizo mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre.

Esta directiva es muy importante de cara a las comunidades de regantes ya que son estas las primeras que tienen que aportar los principios generales de esta directiva como son la protección y uso sostenible, para alcanzar un buen estado de las aguas, considerando a la vez aspectos tanto cuantitativos, cualitativos como ecológicos.

El objeto de la presente directiva es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas que:

- a) prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos;
- b) promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles;
- c) tenga por objeto una mayor protección y mejora del medio acuático, entre otras formas mediante medidas específicas de reducción progresiva de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias prioritarias, y mediante la interrupción o la supresión gradual de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias;
- d) garantice la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evite nuevas contaminaciones; y
- e) contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y sequías, y que contribuya de esta forma a:

- garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo,
- reducir de forma significativa la contaminación de las aguas subterráneas,
- proteger las aguas territoriales y marinas, y
- lograr los objetivos de los acuerdos internacionales pertinentes, incluidos aquellos cuya finalidad es prevenir y erradicar la contaminación del medio ambiente marino, a efectos de interrumpir o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias, con el objetivo último de conseguir concentraciones en el medio marino cercanas a los valores básicos por lo que se refiere a las sustancias de origen natural y próximas a cero por lo que respecta a las sustancias sintéticas artificiales

Otras cuestiones interesantes para la gestión correcta de las aguas o al menos para el mejor control de estas y encaminadas a satisfacer las prescripciones de la directiva de aguas podrían ser la aplicación de normas internacionales, tanto la ISO 9000 para el tema de gestión de calidad y la ISO 14000 para el tema de gestión ambiental.

Estas normas serían aplicables a partir de que la comunidad de regantes de base tuviera las herramientas informáticas suficientes para la correcta recolección de datos y su posterior gestión y análisis.

1.6.- APLICACIONES INFORMÁTICAS EN COMUNIDADES DE REGANTES

Hasta hace unos años las comunidades de regantes simplemente eran vehículos de transporte de agua para diferentes zonas de riego. Hoy en día este concepto esta cambiando, y una comunidad de regantes es una “empresa” sin animo de lucro encargada de gestionar correctamente el uso del agua y que esta llegue a su destino en las mejores condiciones posibles, tanto de calidad como de tiempo. Para dicha gestión y control del líquido elemento es imprescindible el manejo de herramientas informáticas.

Estas herramientas hasta ahora hacían que el regante una vez amueblada la parcela solo se preocupara de ir a ver si funcionaba o no correctamente. Hoy en día y a través de los mecanismos de telecontrol existentes en las comunidades de regantes modernizadas, tienen la posibilidad de saber si el usuario a regado, en que condiciones técnicas de suministro ha regado y que cantidad de agua ha suministrado al cultivo. Todos estos datos recogidos convenientemente y tratados de forma correcta nos serán de gran utilidad.

La aplicación por excelencia para la gestión, control y apoyo al regante en el sistema de riegos del alto Aragón (125.000 ha) es el programa informático ADOR, con el cual, tras la introducción de las concesiones, te da pie para hacer una serie de análisis como los que se han llevado a cabo para la redacción de este trabajo fin de carrera.

2.- OBJETIVOS DEL TRABAJO

2.1.- OBJETIVOS DEL TRABAJO

Los objetivos de este proyecto final de carrera son:

- 1- Analizar los suelos de la comunidad de regantes y sus repercusiones en los riegos.
- 2- Análisis plurianual del uso del agua de riego en la Comunidad de Regantes La Campaña utilizando el programa Ador. (2002, 2003, 2004)
- 3- Analizar el uso del agua de riego en parcelas antes y después de la obra de modernización de regadíos.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.- ADOR

Apoyo a la toma de decisiones en la organización de regadíos, así es como se definen las iniciales del programa.

Es un programa informático basado en una compleja base de datos, la cual consta de más de 80 tablas interconectadas, en un esquema sinóptico de la red de la comunidad de regantes y en un módulo GIS.

Se trata de un programa informático específico para el uso de comunidades de regantes, el cual consta de muchas utilidades, que se han ido incorporando según las necesidades de cada una de las diferentes características de las comunidades de base. Quiere decir esto que todas las comunidades de regantes usan el mismo programa pero cada una utiliza unas utilidades u otras según sus necesidades.

Consta de un menú de propietarios, al cual se le relacionan las parcelas que tiene en su propiedad, dotando a estas de un número identificativo de 17 dígitos, siendo estos los mismos que el código catastral.

A cada parcela se le asigna una superficie catastral y una superficie de riego, que pueden o no coincidir estas dos superficies. En estos últimos años en los que se ha visto la obligación de usos de cupos, fue necesaria la introducción de una nueva característica en la ficha de la parcela como es la indicación de si era o no de precario. Entendiéndose como parcela de precario, aquella que siendo de secano en su día, se solicitó a Riegos del Alto Aragón dar de alta como de regadío debido a la posibilidad de regarse gracias a la instalación de nuevas infraestructuras a nivel de parcela.

Este tipo de parcelas tienen la connotación particular que en caso de restricciones de agua no cuentan en el cupo de la comunidad para la dotación de agua de la campaña de riego.

Cada una de las parcelas pertenecientes a la comunidad de regantes, por norma general se dedica al riego para la explotación agrícola. Pero existen en esta comunidad diferentes usos de las parcelas con lo que también cambia el uso de agua. Por eso existe

la posibilidad de destinar la superficie de la parcela a uso agrícola, ganadero, industrial o urbano.

Figura 3.1. Formulario identificador de parcelas.

Para la correcta gestión del agua, aparte de tener claro el uso de la parcela a la que va el agua, hay que relacionar cada parcela con la acequia (línea) y esta acequia con la unidad de gestión correspondiente. Hoy en día y tras la nueva instalación de la red de tuberías esta relación en vez de con la línea se hace con el ramal y tubería principal desde la que se riega. Todo esto se ve reflejado en un esquema sinóptico, en el cual se puede saber hasta el cultivo que tiene dicha parcela.

A la hora de referirnos al usuario del agua se diferencian tres posibles regantes, el primero que puede ser el arrendatario de la tierra, el segundo que puede ser el pagador de agua y como última posibilidad es el propietario de la tierra. En esta comunidad el usuario del agua va a ser el pagador de agua.

3.1.1.- USOS DEL AGUA

El uso más común en las comunidades de regantes del agua es para uso agrícola, pero hay que tener en cuenta otros usos como son: industriales, ganaderos, urbanos.

Precisamente en esta comunidad se da la coexistencia de los cuatro tipos de usos, teniendo esta comunidad alrededor de 30 explotaciones ganaderas, varias fábricas, algunas de ellas importantes en la fabricación de plásticos, siendo este el usuario más voluminoso en cuanto a metros cúbicos año se refiere, en torno a $2,2 \text{ hm}^3$. Por último la comunidad de regantes llevada a estudio suministra agua a cuatro núcleos urbanos. Estos núcleos urbanos Castejón del Puente, Selgua, Conchel, Pomar de Cínca tienen un consumo estimado de alrededor de $60.000 \text{ m}^3/\text{año}$.

En este caso también ha sido beneficiosa la nueva red de tuberías, puesto que tanto las empresas, como los núcleos urbanos han visto mejorado su servicio gracias a las nuevas infraestructuras disminuyendo su consumo anual.

Gracias al programa ADOR existe la posibilidad de gestionar los diferentes usos del agua. Esto se hace asignando a una misma parcela más de un uso del agua.

Parcelas Catastrales ☐ Campos Obligatorios de Rellenar ☐ Campos de Uso de la Aplicación

Identificadores Parcela

Código de Parcela Catastral: 8760 Código Catastro: 22061004100000000

Datos Parcela

Polígono: 004 Municipio: Barbastro

Parcela: 10000 Paraje: <no asignado> ☐ Paraje

Subparcela: 0000 Sector: <no asignado> ☐ Sector

Superficie catastral (Hectareas): 25 Suelo: <no asignado> ☐ Suelo

Superficie de riego (Hectareas): 25 Propietario: <no asignado> ☐ Propietario

Riego en Precario: ☐

Usos

☒ Usos Agrícolas

☐ Usos Industriales

☐ Usos Ganaderos

☐ Usos Urbanos

Relación de Usos de la Parcela

Usos Agrícolas Parcela

Cultivo	Sup. Uso	Tipo Riego
Alfalfa	25	<no asignado>

Usos Industriales:

Descripción
industria

Usos Ganaderos:

Descripción
granja cerdos

Usos Urbanos:

Descripción

Agregar Parcela

Grabar y Cerrar Formulario

Cerrar Formulario Sin Grabar

Ayuda

Registro: 1

Figura 3.2. Formulario usos diferentes del agua.

3.1.2.- LA RED DE RIEGO

La red de canales nace desde el embalse de regulación de la comunidad de regantes, existen una serie de tomas en las cuales el agua la tiene que servir la Confederación Hidrográfica del Ebro, previa petición de la comunidad. A partir de aquí se encarga la guardería de la comunidad de distribuirla a través de las distintas acequias hasta hacerla llegar a la parcela.

El sistema de riego de esta comunidad es a la demanda, sin ningún tipo de turno ni restricción, salvo la propia del volumen que puede transportar las canales.

Por otro lado la nueva red de tuberías se ha diseñado de tal manera que se pueda regar por todos los hidrantes simultáneamente, con la particularidad que en los hidrantes compartidos solo podrá regar un usuario cada vez.

La representación de la red de riego de la comunidad se hace mediante la creación de un esquema sinóptico, que nos muestra los elementos de la red, como son el embalse de regulación que existe en cabecera de esta comunidad de base, las acequias, así como las tomas desde donde se irrigan las diferentes parcelas a las que están conectadas para su uso.

A cada una de estas canales se les pueden añadir una serie de características para obtener información importante para la gestión de la comunidad, como puede ser la capacidad de transporte de cada una de las acequias, haciéndonos saber el programa cuando el volumen de concesiones es superior al que puede transportar dicha canal.

Consultar Unidad de Gestión

Unidad de Gestión ☐ Campos Obligatorios de Rellenar ☐ Campos de Uso de la Aplicación

Selección Unidad de Gestión:
Unidades de Gestión: A-8-4

Datos Unidad de Gestión:
Identificador Unidad: 5
Nombre Unidad: A-8-4
Tipo Unidad: Días Completos

Datos Complementarios Unidad:
Horas de Servicio: 24
Hora Inicio Servicio: 8:00
Hora Fin Servicio: 8:00
Caudal Máximo: 120000 m3/24h 1388,89 l/s

Tipo de Agua Servida por la Unidad: Riego Pie

Agregar Unidad
Restaurar Modificaciones
Grabar Unidad
Cerrar Formulario
Ayuda
Eliminar Unidad

Lineas que Pertenecen a la Unidad de Gestion Seleccionada:

Línea	Descripción Elemento Red	Longitud Elemento R
A-8-4 (12000)	Canal	0
A-8-4 (120000)	Canal	0
A-8-4 (20000)	Canal	0
A-8-4 (25000)	Canal	0
A-8-4 (45000)	Canal	0
A-8-4 (8000)	Canal	0
A-8-4-01	Canal	0

Figura 3.3. Formulario de caracterización de las unidades de gestión en la red de acequias.

Al igual que se pueden insertar las características de las canales y sus capacidades, se puede hacer lo mismo para el caso de que la comunidad de regantes pase del uso de acequias al de tubería enterrada, como es el caso de la comunidad a estudio. Incluso se puede gestionar las dos situaciones a la vez, la convivencia de los dos sistemas, no es algo raro.

Consultar Unidad de Gestión

Unidad de Gestión ☐ Campos Obligatorios de Rellenar ☐ Campos de Uso de la Aplicación

Seleccionar Unidad de Gestión:
Unidades de Gestión: T-1

Línea Seleccionada Unidad Gestión:

Datos Unidad de Gestión:
Identificador Unidad: 53
Nombre Unidad: T-1
Tipo Unidad: Días Completos

Datos Complementarios Unidad:
Horas de Servicio: 24
Hora Inicio Servicio: 0:00
Hora Fin Servicio: 0:00
Caudal Máximo: 60000 m3/24h 694,44 l/s

Tipo de Agua Servida por la Unidad: Riego Presión

Agregar Unidad
Restaurar Modificaciones
Grabar Unidad
Cerrar Formulario
Ayuda
Eliminar Unidad

Líneas que Pertenecen a la Unidad de Gestión Seleccionada:

Línea	Descripción Elemento Red	Longitud Elemento R
T-1-10	Tubería Alta Presión	270
T-1-10-160	Tubería Alta Presión	321
T-1-1-315	Tubería Alta Presión	277
T-1-2-140	Tubería Alta Presión	220
T-1-2-200	Tubería Alta Presión	40
T-1-250	Tubería Alta Presión	712
T-1-3	Tubería Alta Presión	185

Figura 3.4. Formulario de caracterización de las unidades de gestión en la nueva red de tuberías.

3.2.- COMUNIDAD DE REGANTES DE “LA CAMPAÑA”

3.2.1.- LOCALIZACIÓN

La Campaña es una comunidad de regantes de base perteneciente a la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, situada en la provincia de Huesca. Esta localizada a caballo entre la comarca del Somontano y el Cinco Medio y en la margen derecha del río Cínca.

Dicha comunidad de base comprende los términos municipales de Barbastro, Ilche, Castejón del Puente, Selgua, Conchel y San Miguel del Cínca. La altitud sobre el nivel del mar va desde aproximadamente los 400 metros de la parte norte de la comunidad a los 250 de la parte media baja de la comunidad situada cerca de la línea de ferrocarril entre Lérida y Zaragoza.

Los límites de la Comunidad son los siguientes:

- Norte: Barranco de Malpregona o D-VI-8-6.
- Este: Río Cínca excluyendo las denominadas “Huertas Viejas”.
- Sur y Oeste: Barranco de “La Clamor de Peraltilla” y desagüe colector D-C-VII-VIII hasta Canal de Selgua.



Figura 3.5. Mapa de localización de la CR La Campaña.

La extensión de La campaña ocupa alrededor de 5200 ha de riego, incluyendo en estas las que son de riego a precario. En una superficie alrededor de 1500 ha son de riego por aspersión, cañones, pívot y goteo. Existen en esta comunidad usos diferentes al riego, como son los usos de agua industriales, urbanos y ganaderos con 926, 67 y 149 ha equiparadas, respectivamente.

La CHE (Confederación Hidrográfica del Ebro) suministra el agua a la comunidad de base a través del canal del Cinca desde los embalses del pirineo de Mediano y El Grado

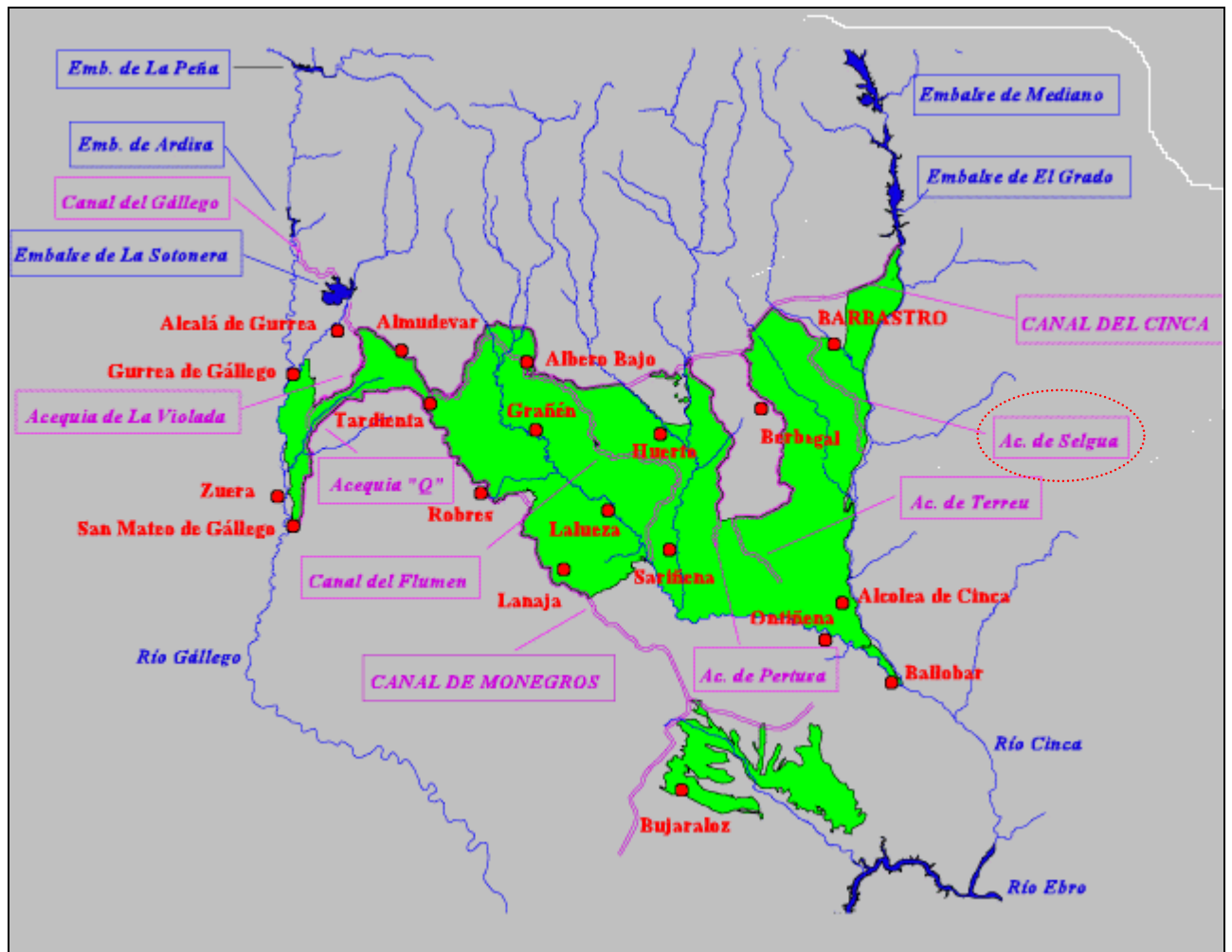


Figura 3.6. Mapa general de Riegos del Alto Aragón, embalses que abastecen los regadíos y canales de distribución.

Para una mejor ubicación de la comunidad de regantes a continuación se adjunta un plano en el cual queda delimitada la comunidad por los pueblos que la forman, sus términos municipales y vías principales.

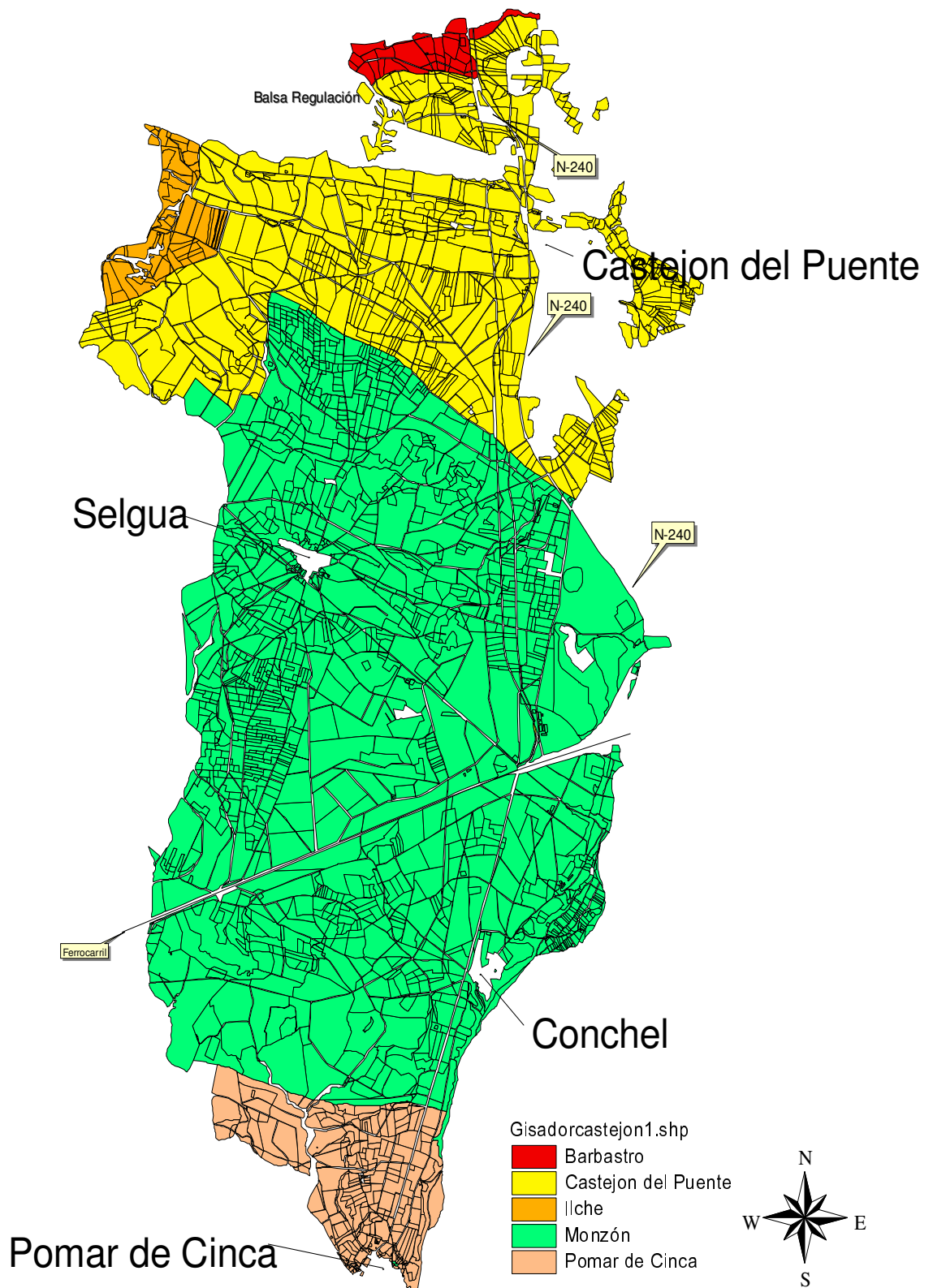


Figura 3.7. Términos municipales, localidades y principales vías de comunicación en la Comunidad de Regantes.

3.2.2.- CLIMATOLOGÍA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO (2002, 2003, 2004)

Los datos climáticos del año 2002 y hasta agosto del 2003 se obtuvieron de la estación meteorológica de Monzón “Darrera”. De la estación meteorológica de la Red SIAR situada en la población de Selgua, se obtuvieron el resto de datos meteorológicos del año 2003 y el año 2004. Situada esta última estación en la parte media alta de la comunidad de La Campaña.

A continuación se muestra un cuadro en el cual se reflejan los valores más significativos de los diferentes años de estudio.

	2002	2003	2004
Mes mas caluroso	julio	agosto	agosto
Tª media	23,8	25,7	23,9
Mes mas frío	enero	enero	febrero
Tª media	5,5	4,05	4,48
Tª media anual	14,9	14,4	13,79

Tabla 3.1. Valores meteorológicos significativos.

El balance entre la aportación de agua proveniente de la lluvia y la evapotranspiración refleja un déficit de agua año tras año, lo que explica que los usos agrícolas deban estar apoyados por el riego. La temperatura, precipitación y la evapotranspiración (ET0) de cada mes en los años de estudio se muestra en la tabla 3.2.

	Tª media mensual (°C)			Precipitación (mm)			ET (mm)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Enero	5,5	4,05	6,42	23,2	26,8	5,6	15,7	22,27	37,2
Febrero	8,3	5,41	4,48	6,6	82	36,8	39,1	31,82	29,1
Marzo	12,1	10,18	7,84	16,2	36	56,4	69,1	70,04	69,8
Abril	13,9	13,13	11,11	48,6	14,4	52	99,1	101,55	93,9
Mayo	16,8	17,3	15,96	39	92,2	24	137,1	139,63	140,2
Junio	22,9	24,44	22,87	27,2	7,8	6,6	178,6	182,57	187,7
Julio	23,8	24,73	23,26	72	14,2	40,8	179	189,36	187
Agosto	22,3	25,7	23,93	35,6	108	8,2	145,7	160,47	166
Septiembre	19,3	19,28	20,89	93,4	70,6	1,2	95	97,9	119,4
Octubre	15,3	13,56	16,24	85,8	102,6	45,2	51,1	59	75,9
Noviembre	10,8	9,53	7,03	37,2	112,8	18,8	30,4	25,5	32,7
Diciembre	7,7	5,6	5,54	24,6	24,8	21,8	17,1	25,3	27,9
Anual	14,9	14,41	13,79	509,4	692,2	317,4	1.057	1.105,41	1.166,80

Tabla 3.2. Valores de temperatura media mensual, precipitación y evapotranspiración de referencia en los años de estudio.

Destacar la diferencia existente entre los datos anuales de precipitación de los años 2002 y 2003 con el 2004, se reduce a la mitad la cantidad de pluviométrica.

Los cálculos para la obtención de la ET_0 se han obtenido de la estación meteorológica de la red del SIAR de la localidad de Selgua. Situada esta dentro de la comunidad de regantes llevada a estudio.

La evapotranspiración de referencia (ET_0) se calculó utilizando el método FAO Penman-Monteith (Allen y col., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \frac{900}{T + 273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Donde:

ET_0 = evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹),

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor frente a la temperatura (kPa °C⁻¹),

R_n = radiación neta estimada ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$),
 G = flujo de calor hacia el suelo estimado ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$),
 T = temperatura media diaria del aire ($^{\circ}\text{C}$),
 U_2 = velocidad del viento a dos metros sobre el suelo (m s^{-1}),
 e_s = presión de vapor a saturación (kPa),
 e_a = presión de vapor real (kPa),
 $e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor a saturación (kPa),
 γ = constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$),

3.2.3.- EDAFOLOGÍA CARACTERÍSTICA

La clasificación edafológica de los suelos existentes en la comunidad de regantes estudiada se realizó a partir de la hoja número 326 del Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y del Gobierno de Aragón, cuyo mapa tiene una escala 1:50.000. Esta caracterización está hecha de manera parcial, ya que la hoja que se consultó contiene solo parte de la comunidad y no tiene continuidad geográfica de los suelos. La clasificación de los suelos se basa en el método Soil Survey Staff (1994).

Los suelos más habituales existentes en la zona son los que se describen a continuación:

- **Xerofluvent típico:** Se trata de un suelo reciente, en los que se aprecian los resultados de un modelado fluvial. El régimen de humedad es Xérico. Estos suelos presentan una unidad secundaria de tipo Xerochrept calcixerólico (suelos incipientes con acumulaciones de carbonatos) y presentan inclusiones de Torriorthent xérico (suelos recientes con carácter salino).
- **Xerorthent lítico:** Es un tipo de suelo reciente, caracterizado por tener un contacto lítico (horizonte rocoso subyacente) a una profundidad inferior a 50 cm.
- **Xerorthent típico:** Se trata de nuevo de un suelo reciente, que se diferencia del anterior por no presentar un contacto lítico.
- **Xerochrept petrocálcico:** Se caracteriza por tener un horizonte petrocálcico

(cementado por carbonato cálcico) a una profundidad inferior a 100 cm.

- **Xerochrept gypsico:** Es un suelo incipiente, caracterizado por tener acumulaciones de yeso.

3.2.4.- ANÁLISIS DE SUELOS EN LA COMUNIDAD DE REGANTES

La determinación de las propiedades físicas de los suelos de la C.R. La Campaña se realizó mediante un muestreo llevado a cabo durante el mes de febrero del año 2007. Se tomaron 51 muestras distribuidas por toda la superficie regable, por lo que atendiendo a la distribución de estas se obtuvieron 26 zonas.

El estudio de las muestras se realizó hasta una profundidad de 1,20 m o hasta encontrar una capa limitante. Se obtuvieron muestras de cada uno de los horizontes encontrados. La profundidad de cada uno de los horizontes, se obtuvo *in situ*. La pedregosidad, la capacidad de campo y el punto de marchitez se obtuvieron en laboratorio a partir de las muestras de cada horizonte analizadas según determina el Soil Survey Laboratory (1996).

En la determinación de los puntos característicos de humedad del suelo se realizaron dos repeticiones por cada muestra. Las presiones utilizadas para capacidad de campo y punto de marchitez fueron de 33 kPa y 1.500 kPa, respectivamente (Soil Survey Division Staff, 1993).

Con los resultados obtenidos se determinó la capacidad de retención de agua disponible ($CRAD$, mm) en cada perfil (Porta et al., 1999), considerando un único valor medio de densidad aparente para los tipos de suelo.

$$CRAD = \frac{\left[10P \frac{(CC - PM)}{100} \times d_a \right] (100 - P_r)}{100}$$

Siendo:

P : Profundidad del suelo (cm)

CC : Humedad del suelo a capacidad de campo (%)

PM : Humedad del suelo en el punto de marchitez (%)

d_a : Densidad aparente (g cm^{-3})

P_r : Volumen de elementos gruesos (%)

A continuación se muestran las parcelas donde se obtuvieron cada los datos.

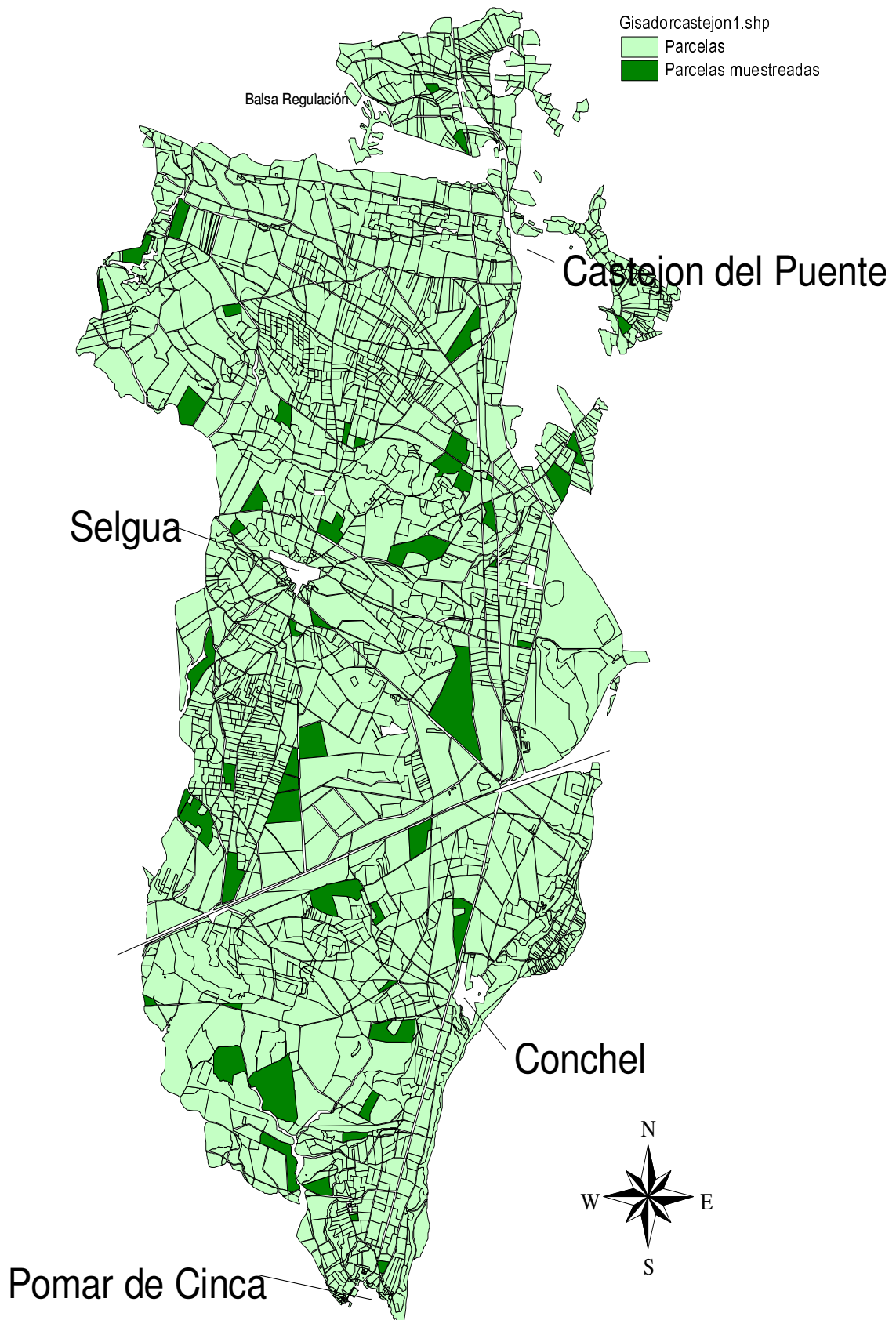


Figura 3.8. Mapa de la comunidad con las parcelas en que se recogieron las muestras de suelos.

3.2.5.- RED DE DISTRIBUCIÓN

El agua utilizada para el uso en esta comunidad de regantes proviene de los pantanos del pirineo de “Mediano” y “El Grado”, conducida por el canal del Cínca. Una vez que el agua llega a dicho canal, una parte de este va a la acequia de Selgua, llamada también A-8. Esta acequia abastece directamente a la comunidad de regantes La Campaña, teniendo la posibilidad de abastecer directamente la red secundaria de canales o bien a la balsa de regulación de esta comunidad.

La red de distribución cuenta con unas tomas principales, que sus nombres se derivan del nombre de la acequia A-8. Así por ejemplo en esta comunidad las tomas más representativas en cuanto volumen repartido son la A-8-4, A-8-10 y A-8-12, existiendo más tomas.

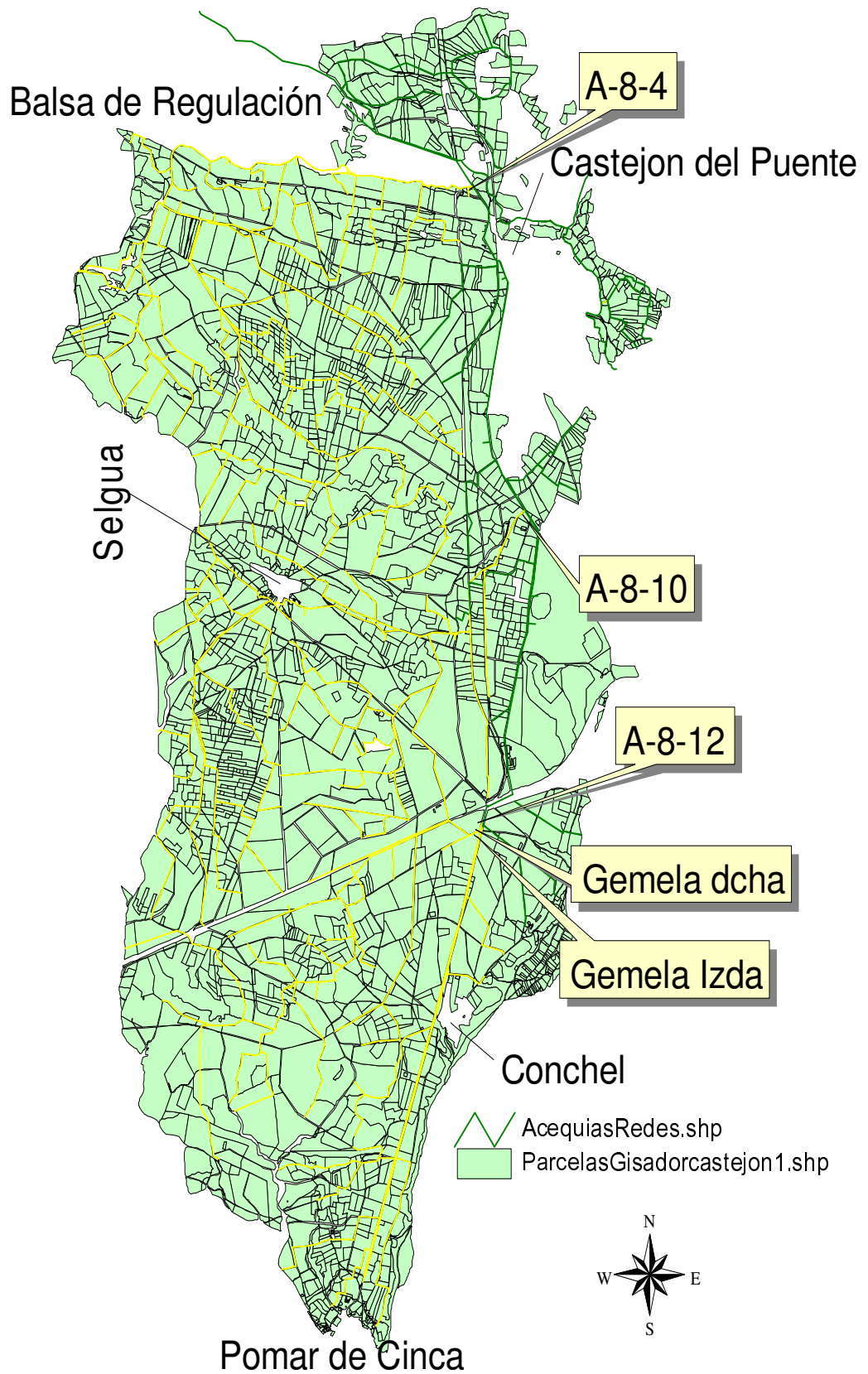


Figura 3.9. Mapa de la red de acequias de la comunidad, en color amarillo las mas representativas.

La apertura y cierre de estas tomas según los volúmenes requeridos de riego, lo realiza el personal de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Una vez que el agua ya se distribuye por estas tomas principales, el siguiente reparto por la redes secundarias de acequias lo realiza el personal de la comunidad de regantes.

Hoy en día esta comunidad cuenta con una nueva red de tuberías que permite el riego de prácticamente toda la superficie de riego con presión natural. Únicamente existen una pequeña superficie de alrededor de 240 ha que es necesario el uso de las bombas para conseguir presión suficiente para el riego.

Esta nueva red de tuberías se basa en cuatro tuberías principales que recorren la comunidad longitudinalmente y de estas salen ramales de reparto lateralmente. Al igual que las acequias las tuberías reciben un nombre, denominándose T-1, T-2, T-3, T-4, T-Huertas (TH), T-Bombeo (TB). A partir de estos nombres se van añadiendo ramales T-1-1, T-3-15, etc... Los ramales que salen de la tubería general hacia la izquierda se les asigna una cifra impar y los que salen hacia la derecha una cifra par.

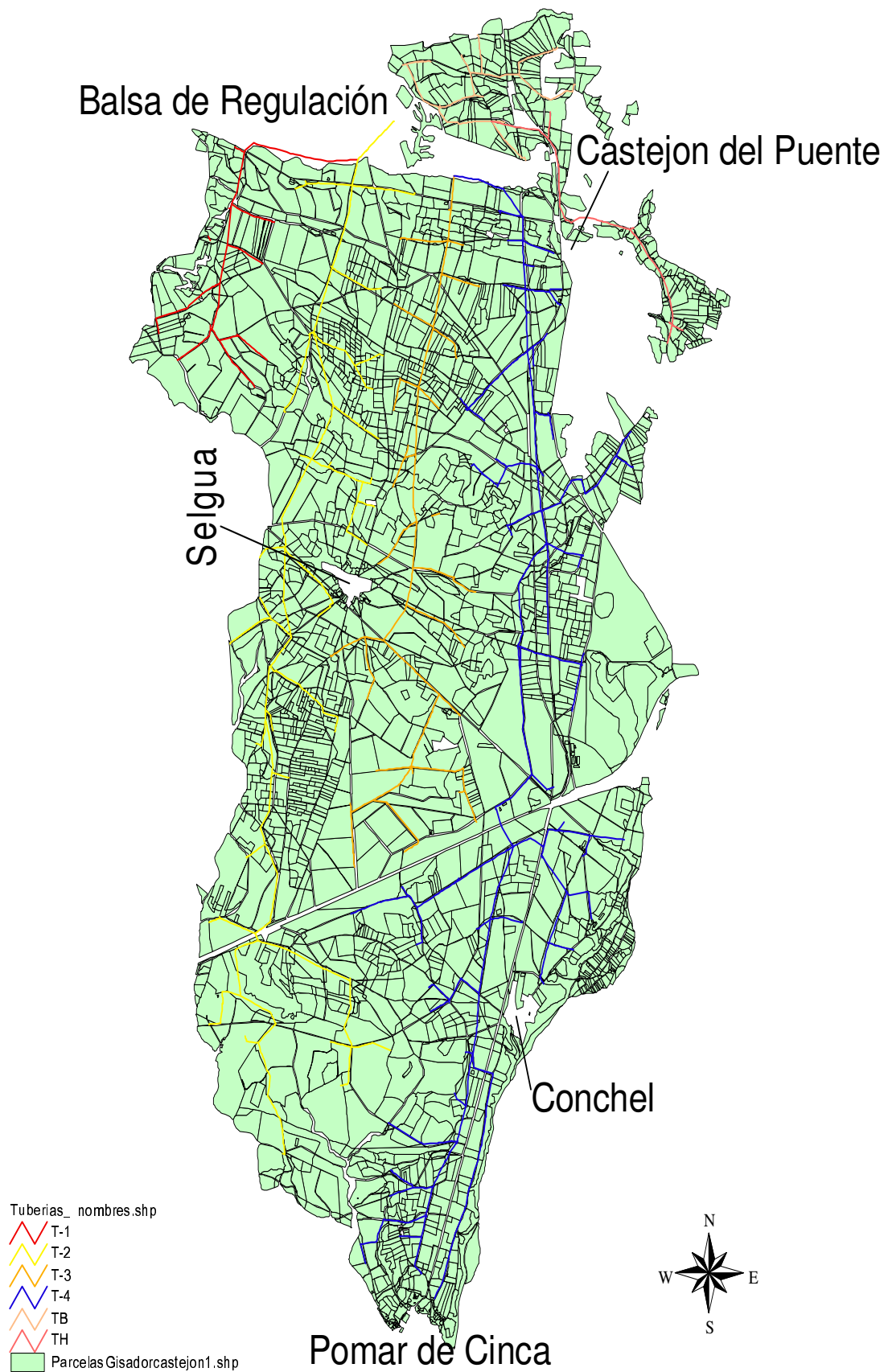


Figura 3.10. Mapa de la nueva red de tuberías de la comunidad.

Debido a la longitud de las tuberías y al desnivel existente en la comunidad, para la correcta distribución del agua se han tenido que colocar unas arquetas de tamaños considerables, para la instalación de unas válvulas reguladoras de presión.

3.2.6.- SISTEMA DE PETICIÓN Y ASIGNACIÓN DEL AGUA

El sistema de gestión de agua de esta comunidad es similar al que se realiza en otras comunidades del sistema de riegos del Alto Aragón, con la particularidad de que esta comunidad incluye una balsa de regulación, haciendo mas eficaz el uso del agua.

En esta comunidad se usa el término de riego a la demanda por turnos. Quiero decir con esto que se puede regar cuando se quiera siempre y cuando el canal por donde se vaya a regar lo asuma.

Las peticiones de agua por las acequias son en concesiones de caudales determinados durante 24 horas. El pedido mínimo de agua es de 1000 m^3 , esto es, si la petición es de 2000 m^3 por la acequia A-8-12-13, significa que durante 24 horas se le estará suministrando un caudal constante de 23,15 l/s.

para la manera de riego que se da en esta comunidad.

3.2.7.- CULTIVOS

El cultivo de mayor importancia en esta comunidad a lo largo de los tres años de estudio es la alfalfa, el cual supera en más del doble de hectáreas al siguiente en extensión que es el arroz, como tercer cultivo en cuanto a superficie se coloca el maíz que tiene un incremento a lo largo de los años de estudio.

Otros cultivos importantes aunque con menor número de hectáreas son el trigo blando que se mantiene más o menos constante a lo largo del periodo de estudio, y el girasol el cual tiene una tendencia al incremento de superficie sembrada durante los años 2002, 2003 y 2004.

Destacar entre los cultivos de esta zona, la regresión que sufre la cebada, disminuyendo en más de 150 ha sembradas en el periodo de los tres años de estudio.

3.3.- INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS EN ADOR

Se partió de la base de datos de ADOR de la comunidad de regantes La Campaña con la que se ha trabajado en los años de estudio (2002, 2003, 2004), en la que ya estaban introducidos los usuarios, las parcelas, la red de riego y su conexión con las parcelas.

Decir que en el periodo de estudio se realizó una renovación catastral de varios municipios de la presente comunidad, por lo que pueden existir algunas parcelas que no coincidan exactamente en superficie y/o en referencia catastral. Lo que ha llevado a que fuera algo más engorrosa la tarea de asignación de cultivos.

Debido a que esta comunidad es una de las más avanzadas en cuanto a manejo y utilización del programa ADOR, las concesiones de agua ya estaban introducidas en los años 2003 y 2004, para los datos del 2002 se utilizaron los obtenidos de Cardeña 2004.

Se procedió a depurar la introducción de los datos de los cultivos en las parcelas y las concesiones de agua asignadas durante la época de riego para los años de estudio mediante el listado de informe de consumo.

3.3.1.- INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS DE CULTIVO EN CADA PARCELA

Para realizar este trabajo se utilizó las bases de datos de la P.A.C. donde aparecen declarados los cultivos existentes en cada parcela.

Esta base de datos viene en un formato Excel, obviando los datos privados de los propietarios. El resultado que se obtiene es una base de datos Access con la relación cultivo-parcela catastral. Los datos que nos interesan para la realización de este estudio son los que se relacionan a continuación:

Nombre	Descripción	Ejemplo
cproca	código provincial	22
cmunca	código municipal	112
cpolig	código polígono	1
cparce	código parcela	2
csubpa	código subparcela	000B
hsucat	superficie catastral	2,12
hsutot	superficie total	1,84
hsusem	superficie sembrada (ha)	1,84
cprodu	código cultivo	60
ctenen	tipo tenencia (1-propiedad, 2-alquiler...)	2

Tabla 3.3. Descripción de los datos que ofrece la declaración de la PAC.

El dato que se utilizó para identificar cada una de las parcelas fue su referencia catastral completa (17 dígitos). El ejemplo que tenemos en la tabla anterior se representaría 2211200100002000B.

Para las dudas que surgían a la hora de asignar ciertos cultivos a algunas parcelas se habló con el propietario de la parcela en cuestión, después eso si de haber preguntado a Eugenio (guarda de la comunidad de regantes).

ADOR dispone de un listado en el cual aparece relacionada la parcela con el cultivo y por la unidad de gestión así como la línea de riego por la que se suministra el agua. Cruzando los datos de la P.A.C. con el informe que se realizó, obtuvimos un listado donde teníamos relacionados todos los datos necesarios para la realización de los análisis consiguientes. Aun con estos cruces de datos hubo que depurar estas relaciones, ya que como se ha comentado anteriormente, se habían realizado algunas modificaciones debido a las renovaciones catastrales y había parcelas que aparecían con errores. Dieron fallos también lotes del IRYDA que todavía no tenían asignadas las parcelas catastrales.

3.3.2.- INTRODUCCION DE CONCESIONES:

Las concesiones del año 2002 se registraron por los guardas en cinco cuadernos. Cada concesión se registra a nivel de acequia contando con los datos para el estudio de: unidad, línea, toma, fecha, volumen (m³), pagador de agua.

Durante los años 2003 y 2004 y sus respectivas campañas de riego se recogieron los datos también en cuadernos, pero estos años se hizo una depuración del programa informático utilizado por la comunidad de regantes (Ador) y se llevaba en paralelo las concesiones de agua de los cuadernos en el programa. Contribuyendo esto a un conocimiento más exacto de los consumos y a la facilidad de manejo de datos al final de cada campaña para hacer análisis necesarios para el uso, consumo y gestión del agua.

La información que se introduce en el programa (petición-concesión=3000 m³) se reparte de manera proporcional a la superficie existente entre todas las parcelas de dicho regante que estén asignadas a ese acequia por la que se realiza la petición.

Este tipo de asignación puede llevarnos a ciertos errores, que se pueden dar en caso de que exista una concesión de agua, por una acequia en que un regante tiene maíz y cebada. Entonces se ha discriminado la información de manera que sabiendo el periodo de riego para cada cultivo se puede hilar fino, hasta el punto de asignarle a cada cultivo el agua que ha gastado. Excepto en casos en que se solapen las fechas de riego de los cultivos existentes en una misma acequia de un mismo regante.

Cultivo	Época de riego
Cebada	Marzo a mayo
Trigo	Marzo a junio
Maíz	Marzo a septiembre
Alfalfa	Marzo a octubre
Arroz	Abril a octubre

Tabla 3.4. Épocas de riego para los cultivos representativos.

Una vez depuradas todas las parcelas y sus concesiones, se observó que del total de la superficie de la comunidad, existía un porcentaje de parcelas que no se regaban. Más concretamente y tras la depuración se observó que en los años 2003 y 2004 que

existían 257 y 286 ha dedicadas a la retirada y 179 y 414 ha de cebada que no fueron regadas.

3.4.- ANÁLISIS DE LOS DATOS

La fuente de datos se obtuvo del listado de Ador de concesiones “Informe de consumo”. Este listado permite ser exportado a un archivo en formato xls, que informa de la unidad de gestión, pagador de agua, acequia, termino municipal, código catastral, superficie de uso agrícola (cultivo), uso del agua, volumen de agua aplicado (m^3), y consumo por hectárea (m^3/ha).

En todos los casos los valores medios de consumo de agua se obtuvieron ponderando por el tamaño de la parcela, para que la influencia de cada parcela estuviese relacionada con su tamaño. Para caracterizar el uso de agua en las campañas a estudio se analizaron las siguientes variables:

3.4.1.- DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS

Se calculó la superficie total de cada cultivo, el porcentaje respecto al total regado, así como la superficie de cada cultivo por término municipal y por unidad de gestión. Observando la variabilidad a lo largo del periodo de estudio.

3.4.2.- VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES DURANTE 2002, 2003, 2004

Variable que nos servirá para analizar la precisión de los datos de consumo utilizados, comparando estos con la distribución de agua de la CHE a la comunidad de regantes de base. Pudiendo hacer una pequeña aproximación de eficacia del uso del agua.

3.4.3.- AGUA DE RIEGO APLICADA A LOS CULTIVOS

Este análisis se realiza de manera que calculamos el agua aplicada, primero con todas las parcelas y luego una segunda vez para las parcelas de más de 2 ha. Esta distinción se realiza dado que la manera de servir el agua es durante periodos de 24 horas, para parcelas pequeñas y según que volúmenes se utilizan en su riego, parte del agua servida se desaprovecha en esta parcela. Quiere decir, o bien que cuando se

termina de regar dicha parcela el resto del día el agua va al desagüe o bien que cuando se termina de regar la parcela se aprovecha el agua para el riego de otra. De esta manera se puede ver como afecta esto en el consumo.

3.4.4.- AGUA DE RIEGO APLICADA POR PARCELA

Se realizó un análisis de porcentaje de superficie regada para los principales cultivos en diferentes tramos de consumo, en m³/ha. También esta variable se consideró para parcelas mayores de 2 ha. Los cultivos llevados a estudio han sido: alfalfa, arroz, cebada, girasol, maíz y trigo blando. Por otro lado los tramos de consumo en m³/ha fueron: <2000, 2000-4000, 4000-6000, 6000-8000, 8000-10000, 10000-15000, 15000-20000 y >20000. Una vez conseguidos los datos de dichos análisis se observa la variabilidad existente en el periodo de estudio.

3.4.5.- AGUA DE RIEGO APLICADA POR UNIDAD DE GESTIÓN

Se realizó un análisis de consumo por unidad de gestión, para ver la evolución de los cultivos a lo largo de los tres años de estudio.

3.4.6.- AGUA DE RIEGO UTILIZADA POR PAGADOR DE AGUA (REGANTE)

Se realizó un primer análisis acerca del consumo en m³/ha: <2000, 2000-4000, 4000-6000, 6000-8000, 8000-10000, 10000-15000, >15000. En cada uno de estos tramos a lo largo de los tres años de estudio se han calculado el número de regantes, la superficie regada total así como la superficie regada media por regante y tramo. De esta manera se puede comprobar como aún siendo un periodo corto de estudio (3 años), ya se observan variaciones en los parámetros analizados.

Otro análisis paralelo se dedicó a revisar los consumos (m³/ha), diferenciando los tramos de superficie regada por cada pagador de agua, dichos tramos son: 0-5, 5-15, 15-30, 30-50, 50-75, 75-100, 100-200 y > 200 ha. De esta manera se observa gráficamente la evolución de los consumos a lo largo de los años de estudio según los diferentes tramos de superficie.

3.4.7.- CÁLCULO DEL ÍNDICE ESTACIONAL DE CALIDAD DE RIEGO (SIPI)

Se realiza el cálculo de este índice aprovechando todos los datos necesarios para ello, como son el consumo de cada parcela (m^3/ha) y su comparación con las necesidades hídricas de cada cultivo. El SIPI fue definido por primera vez por Faci y col. (2000), y se define como la relación entre las necesidades hídricas del cultivo y el agua aplicada (agua facturada), expresado en porcentaje.

$$SIPI = \frac{\text{necesidades hídricas estacionales}}{\text{agua facturada estacional}} \times 100$$

Donde:

- *SIPI* : Índice estacional de calidad de riego, en porcentaje.
- *necesidades hídricas* : necesidades de agua expresadas en milímetros.
- *agua facturada* : agua aplicada a la parcela según los registros usados para facturar, expresada en milímetros.

Las necesidades hídricas se obtienen de la siguiente ecuación:

$$\text{Necesidades hídricas} = ET_c - P_{ef}$$

Donde:

- ET_c : evapotranspiración del cultivo, milímetros
- P_{ef} : precipitación efectiva, aquella precipitación multiplicada por el factor de corrección de valor 0,75 (Cuenca, 1989), en milímetros.

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) fue calculada mediante el método FAO (Allen y col., 1998):

$$ET_c = \sum_{i=1}^n kc_i \times ET_{0i}$$

Donde:

- kc_i : coeficiente mensual del cultivo para la zona de estudio (Martínez-Cob y col., 1998)
- ET_{0i} : evapotranspiración de referencia para el mes i.

Los kc_i de la zona de estudio se obtuvieron de Antonio Martínez Cob, José M^a Faci González y Ángel Bercero Tercero (1998).

La evapotranspiración de referencia (kc_i) se cálculo utilizando el método FAO Penman-Monteith (Allen y col., 1998), explicado en un punto anterior (3.2.2).

El valor teórico que delimita un riego correcto de uno que no lo es, es el valor del 100%. Salvador (2000) afirmó que un SIPI de 80-90% indica que ha habido un ligero sobrerriego. Por otro lado valores superiores al 100% indican que el riego ha sido deficitario (Dechmi y col., 2003).

Los cultivos para los que se calculó dicho índice fueron alfalfa, arroz, cebada, girasol, maíz y trigo blando. Para cada uno de ellos se determino el SIPI medio ponderado por la superficie de cada parcela y el porcentaje de superficie en distintos tramos: SIPI <80, SIPI de 80 a 120 y SIPI >120. Asimismo, se cálculo el MIPI para cada cultivo. Este último índice viene a ser lo mismo que el SIPI (índice estacional), pero este es un índice mensual.

Se estudio la relación del SIPI con el tamaño de la parcela a lo largo de los tres años de estudio, con la superficie media regada por los regantes. También para cada cultivo se calculo el SIPI en las unidades de gestión que más superficie riegan de la comunidad como son: A-8-4, A-8-10, A-8-12, Gemela Derecha y Gemela Izquierda.

3.4.8.- CÁLCULO DEL ÍNDICE MENSUAL DE CALIDAD DE RIEGO (MIPI)

El MIPI fue calculado para los mismos cultivos que el SIPI, estos es, alfalfa, arroz, cebada, girasol, maíz, trigo blando.

El método utilizado para obtener el MIPI es similar al utilizado para el SIPI. Así pues la diferencia principal entre estos dos índices son que tanto las necesidades hídricas y el agua facturada se refieren al mes que se quiere estudiar y no al año completo.

$$MIPI = \frac{\text{necesidades hídricas mensuales}}{\text{agua facturada mensual}} \times 100$$

3.4.9.- VARIACIÓN DEL ÍNDICE ESTACIONAL DE CALIDAD DE RIEGO EN LOS AÑOS 2004, 2003, 2004 Y 2006

Este análisis se va a realizar de manera estacional debido a que los datos recogidos en los contadores de los hidrantes se hicieron al final de campaña. Teniendo únicamente el dato del contador al inicio y al final de campaña.

Sólo se va analizar dicho índice en las parcelas que regaron por la nueva red de tuberías en el año 2006 en comparación con las mismas parcelas pero regadas con la red de distribución por acequias, en el 2004.

Se ha obviado la utilización de los datos del año 2005, puesto que la nueva red de tuberías estaba únicamente implantada en una zona pequeña de la comunidad y por otra parte por las serias restricciones de agua que hubo durante esta campaña de riego.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE REGANTES.

Tras la división en zonas edáficas de la comunidad de regantes, se llevo a cabo el muestreo de 50 parcelas a lo largo de la superficie regada de dicha comunidad. Intentando con estas muestras abarcar todos los distintos suelos existentes.

El análisis se realizó en los laboratorios del centro del CSIC en Zaragoza, en la tabla que se muestra a continuación se detallan los resultados obtenidos.

Numeración	Parcela	Prof. Max. (cm)	Pedregosidad (%)	CRAD (mm)
1	22112002002630000	120	0,00	176
2	22112002000110000	120	0,00	226
3	22112001001260000	120	0,00	173
4	2211200100120000A	120	0,00	192
5	22218043001530000	35	0,00	44
6	22218043000710000	73	0,00	103
7	22218043000640000	120	0,00	222
8	22218044000040000	120	16,64	203
9	22218044000160000	74	28,46	89
10	22218044000220000	93	25,74	113
11	22218044001120000	120	15,99	169
12	22218044001080000	96	18,54	140
13	22218037000050000	40	11,22	95
14	22112005000550000	47	9,50	74
15	22176002001770000	120	11,32	160
16	2217600200188000A	120	11,48	127
18	22176002003220000	120	0,00	149
19	22218037000360000	120	15,04	160
20	22218037000890000	120	5,71	175
21	22218037000580000	120	25,53	138
22	22218044000660000	120	11,25	224
23	22218043000540000	120	4,73	194
24	22218039000150000	120	6,36	228
25	22218040001520000	120	13,16	211
26	22218040002210000	120	8,65	188
27	22218040002040000	120	6,42	225
28	22218046001490000	75	6,89	88
29	22218046001430000	120	1,94	205
30	2221804700033000A	120	2,31	207

31	222180470003100A2	120	4,64	175
32	22253002000310000	105	2,33	105
33	22253001000190000	120	5,58	153
34	22253001001040000	40	11,91	75
35	22253001001240000	30	28,00	28
36	2225300100050000C	40	24,17	36
37	22218047000200000	100	2,58	126
38	22218047000640000	120	4,04	197
39	22218046000620000	120	1,80	137
40	22218046000800000	85	5,66	120
41	22218046000870000	120	7,06	143
42	222180410006200A2	60	27,33	45
43	22218046000260000	44	12,59	45
44	22218040001950000	120	4,48	208
45	2221804100079000C	120	5,15	136
46	22218041000080000	120	0,75	199
47	22218041000030000	120	0,00	230
48	22218042000550000	40	12,79	39
49	22112007000470000	120	8,27	179
50	22112004001060000	40	3,88	86
51	22112004000900000	63	4,68	135

Tabla 4.1. Parcelas en las que se tomaron las muestras, profundidad máxima que se alcanzó, pedregosidad y CRAD medio de cada una de las muestras.

En la Tabla 4.1. se presentan los resultados analíticos del muestreo de los suelos de la C.R. La Campaña. De los cuales se pueden destacar los valores tan variables existentes tanto en profundidad como en porcentaje de elementos gruesos.

Dichos valores de pedregosidad van desde valores del 0 % hasta 28,46 %, estos últimos se dan en las zonas de saso, cuyos suelos son poco profundos y con una alta pedregosidad.

Existe también una variabilidad importante en la profundidad de los suelos teniendo estos valores desde 30-40cm hasta los 120cm de profundidad máxima. No todos los suelos que tienen suelos pocos profundos se corresponden con valores altos de pedregosidad.

Los resultados del análisis de las muestras nos acercan a una conclusión hasta cierto punto lógica, en la que las parcelas con suelos con menor profundidad dan valores de CRAD más bajos. Los suelos que se alcanzó la máxima profundidad (120 cm) dan valores de CRAD muy variables. Estos valores van desde 127 hasta 230 cm.

En estos suelos profundos esta variabilidad de valores viene dada entre otros factores al porcentaje tan diferente que existe de elementos gruesos en cada muestra y dentro de cada muestra en cada una de las diferentes profundidades a las que han ido cogiendo las muestras (0-30 cm, 30-60 cm, etc...). Puesto que para conseguir la consecución de un dato valorable ha habido que hacer valores medios lo que hace que salgan a veces valores con poca relación a la profundidad existente del suelo.

Para la utilización de los datos obtenidos en la tabla anterior y poder trabajar con valores medios en la totalidad de la comunidad, a partir de ahora se hablará de las distintas zonas en que se ha dividido la comunidad, las cuales se muestran en la figura siguiente.

Existe una zona de la comunidad de regantes, en la cual se llevo a estudio anteriormente (Salvador, 2000). De este estudio se obtuvieron los datos de las zonas, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5.

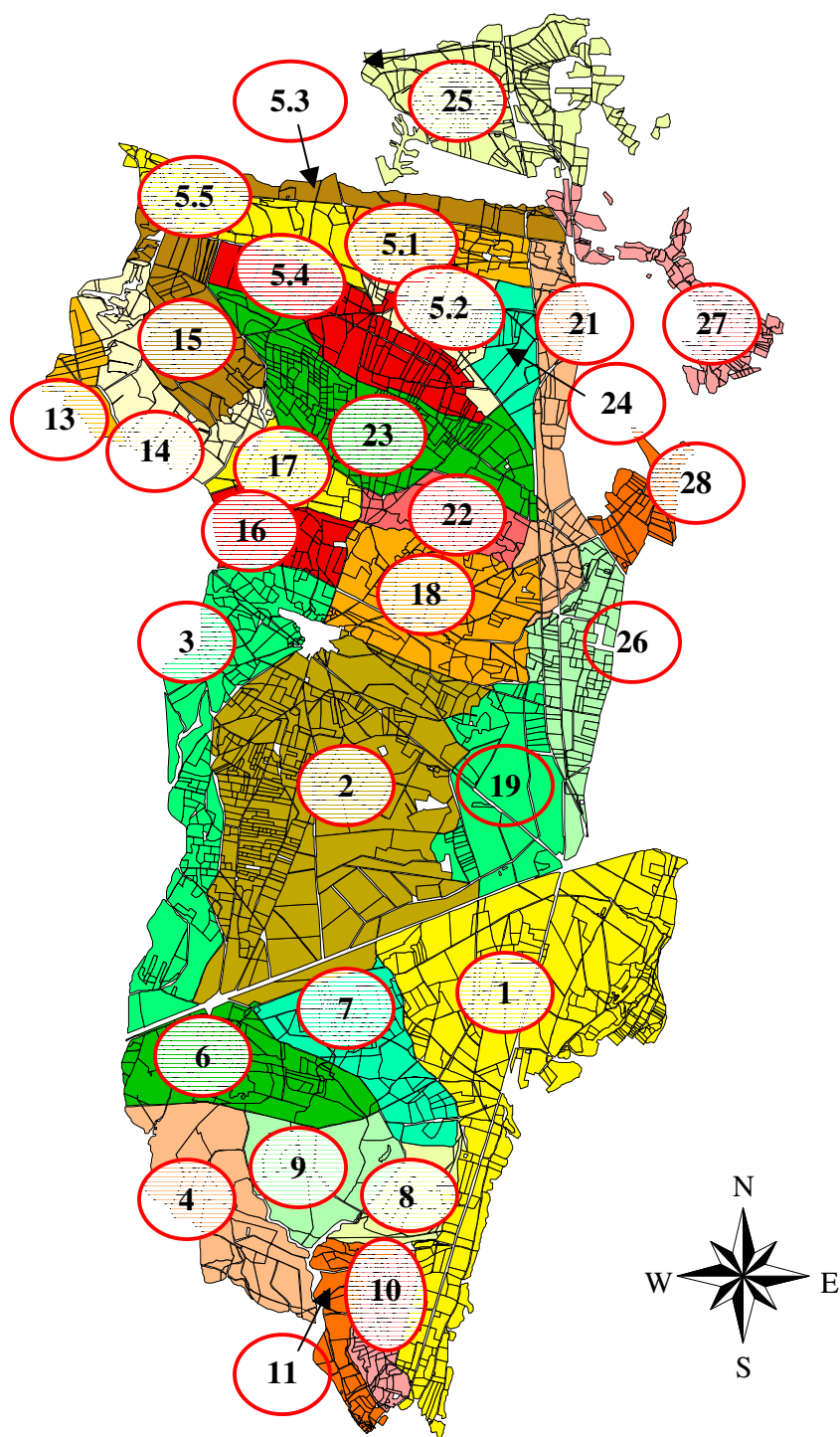


Figura 4.1. Mapa de la comunidad dividido en zonas de suelos.

A continuación se muestran los valores obtenidos de pedregosidad, CRAD y superficie para cada una de las zonas de estudio.

Zonas	Pr (%)	CRAD (mm)	Superficie (ha)
1	17,87	60	623,62
2	7,10	202	710,15
3	6,43	197	287,09
4	1,74	156	170,23
5.1	0,00	55	80,53
5.2	0,00	125	97,47
5.3	0,00	164	87,24
5.4	2,00	129	183,69
5.5	0,00	125	104,62
6	3,78	146	131,2
7	2,61	159	149,19
8	1,29	126	30,89
9	3,48	175	127,19
10	11,91	75	62,36
11	14,88	94	67,88
13	0,00	149	53,13
14	13,26	144	142,86
15	10,71	117	163,45
16	25,53	138	91,02
17	11,22	95	95,99
18	7,99	209	189,91
19	12,79	39	192,27
21	8,32	212	150,05
22	28,46	89	65,89
23	19,58	141	323,99
24	8,27	179	73,36
25	4,36	111	238,16
26	0,00	74	133,6
27	0,00	201	96,96
28	0,00	182	51,9

Tabla 4.2. Valores de pedregosidad en porcentaje, CRAD en milímetros y superficie en hectáreas de cada una de las zonas.

La tabla anterior nos muestra la variabilidad existente en la comunidad de regantes, tanto en la profundidad media de los suelos de 40 a 120 cm, como en el porcentaje de pedregosidad existente en las muestras, esta varía desde suelos que no tienen pedregosidad hasta otros que contienen un porcentaje medio de hasta casi el 29 %.

Para los valores obtenidos de la CRAD también se ve que existe variabilidad entre ellos, desde valores de 39 mm en la zona 19 marcada por suelos poco profundos

hasta valores de 212 mm en la zona 21.

4.1.1.- PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS

Los valores medios obtenidos según la profundidad (tabla 4.2) tienen una variabilidad importante, existiendo suelos con una profundidad media de 40 hasta 120 cm, de los cuales el 64 % de la superficie de la comunidad de regantes tiene profundidades medias de entre 100 a 120 cm. Por otro lado el resto de la superficie se reparte de manera tal que el 29 % tiene una profundidad media de menos de 60 cm y el 7 % restante de la superficie esta entre 60 y 100 cm de profundidad media.

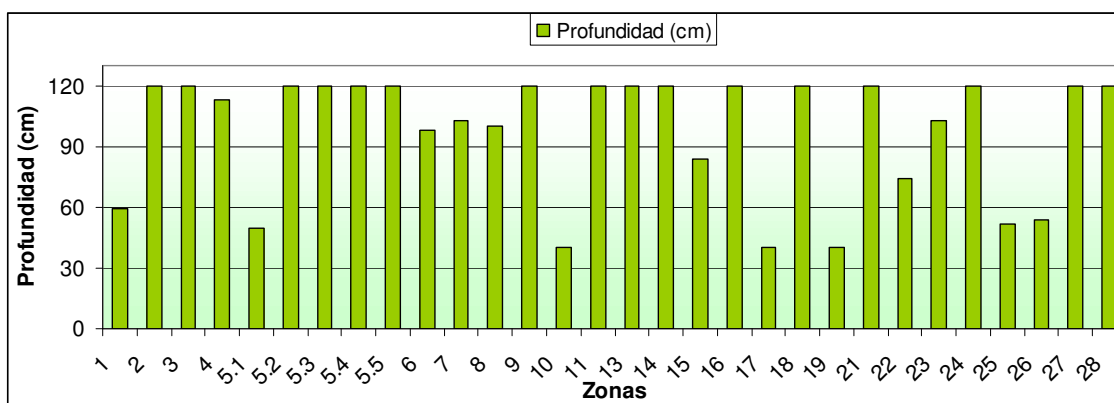


Figura 4.2. Profundidades medias máximas alcanzadas en cada zona.

Dentro de los suelos menos profundos cabe destacar la superficie tan amplia que abarca de 624 ha la zona 1, es lo que se denomina en la comunidad de regantes como los sasos de Conchel y Pomar. Esta superficie significa más del 46% de la superficie que existe en la comunidad con suelos inferiores o iguales a 60 cm de profundidad máxima media.

Por otro lado destacar que del rango de suelos existentes mayores o iguales a un metro de profundidad máxima media ocupan una superficie de 3189 ha, de las cuales el 79% de estas tienen profundidades de 120 cm.

El resto de suelos a pesar de estar dentro de un rango de 40 cm (60-100) los suelos se reparten entre la menor profundidad de 74 cm hasta la máxima de 98.

Por lo que respecta al SIPI medio de las parcelas según la profundidad del suelo en la que nos encontramos, se puede ver como los valores de SIPI para una profundidad de 50 cm se mantienen casi constantes, cercanos al 100, indicando un riego correcto. Para suelos con profundidades de 54 y 59 cm se mantienen valores de SIPI por debajo de 60, lo que nos indica un exceso de riego. Los suelos con profundidades entre 74 y 98 cm, se han obtenido en casi todos ellos a lo largo de los tres años de estudio valores de SIPI dentro del rango de riego correcto. En los suelos con 100 cm de profundidad media se han dado valores de SIPI medio muy similares a los obtenidos en los suelos con profundidad media de 59 cm. En los suelos restantes los valores de SIPI medio son bastante variables.

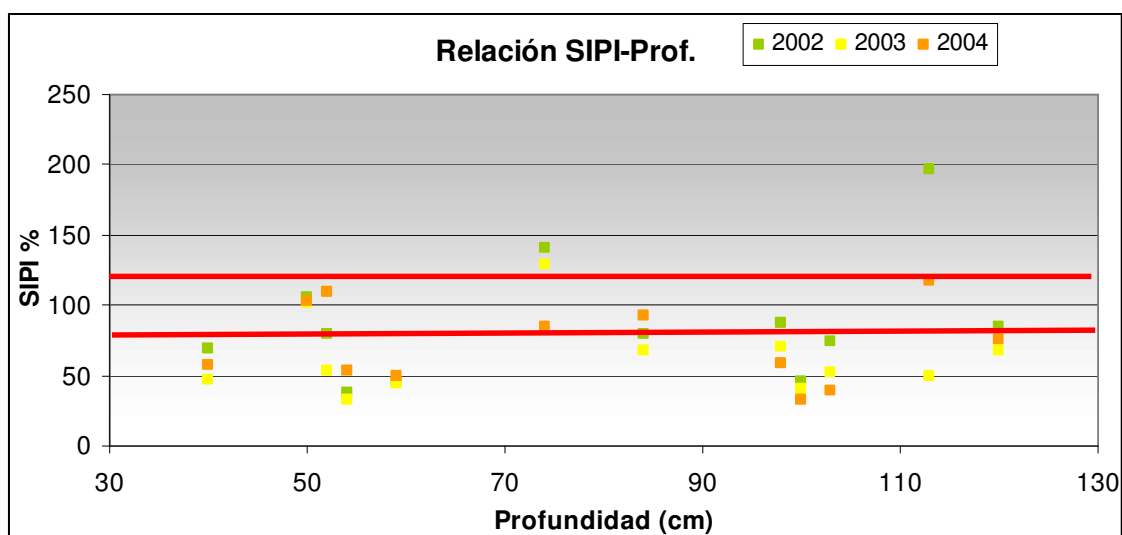


Figura 4.3. Relación entre el SIPI medio y las diferentes profundidades de suelo

4.1.2.- PEDREGOSIDAD DE LOS SUELOS

Al igual que existe con la profundidad de los suelos, existe con la pedregosidad en la comunidad de regantes. Los valores que se reflejan en la tabla 4.3. nos muestran la variabilidad existente, que va desde el no existir pedregosidad en los suelos, hasta alcanzar porcentajes de casi el 29%.

El mayor porcentaje de superficie (37%) de la comunidad de regantes lo ocupan suelo con un porcentaje mayor al 10% de pedregosidad. Lo que podría significar que los

suelos fueran a ser poco profundos y sin embargo existen suelos con profundidades medias desde los 40 cm hasta los 120. Eso si de las 1829 ha que ocupan los suelos con pedregosidad superior al 10% más del 53% corresponden a suelos con profundidades menores a 60 cm.

Un poco menos superficie es la que ocupan los suelos con pedregosidad hasta el 5%, se trata de un 35% de la superficie llevada a estudio. Aunque en este rango también existe variabilidad en cuanto a la profundidad del suelo, destaca que el 40% de la superficie que ocupa este rango pertenece a suelos que no tienen pedregosidad.

El rango intermedio ($>5 \leq 10$) de porcentaje de pedregosidad destaca por tener el 100 % de la superficie (1410 ha) con suelos con profundidades máximas, 120 cm.

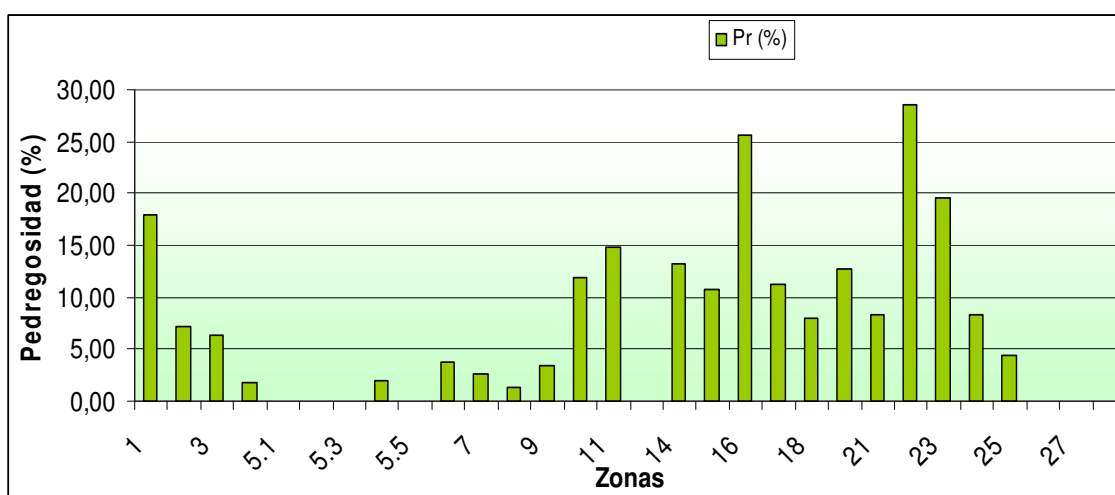


Figura 4.4. Pedregosidad media en porcentaje en cada zona.

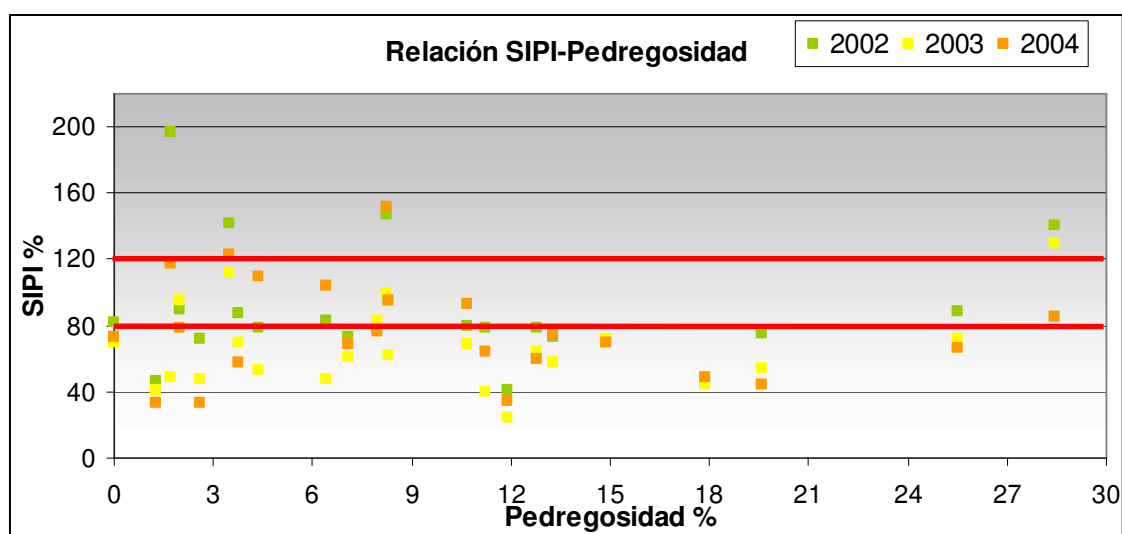


Figura 4.5. Relación entre el SIPI medio y la pedregosidad (%).

Los valores de SIPI en los tres años tienen una alta variabilidad, dándose todo tipo de valores independientemente de los valores de pedregosidad.

Destacar que únicamente el 3 % de la superficie total tiene suelos con pedregosidad superior al 25 %.

4.1.3.- CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DE LOS SUELOS

Los datos de capacidad de retención de agua disponible (CRAD), también registran una variabilidad notable en el conjunto de las zonas de estudio, obteniendo valores de 39 hasta 212 mm.

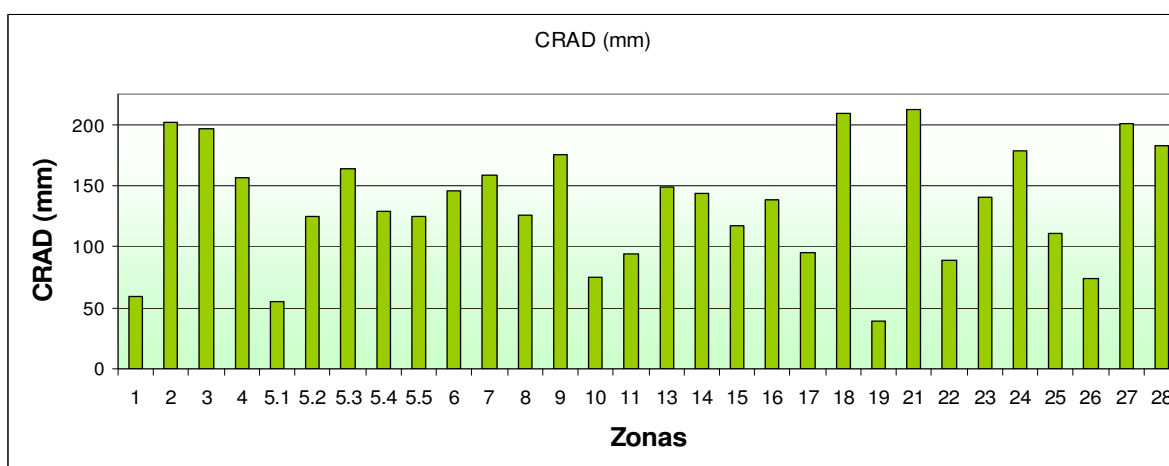


Figura 4.6. CRAD (mm) en cada zona.

Para los valores de CRAD inferiores a 100 mm, encontramos más de un 26 % de la superficie perteneciente a este rango. En esta superficie existe una amplia variabilidad en cuanto la pedregosidad de cada uno de los suelos. Estos valores de pedregosidad van desde el valor nulo como son los encontrados en las zonas 26 y 5.1, hasta casi el 29 % de pedregosidad de la zona 22.

Resaltar que solo el 4 % del total de la superficie de estudio tiene suelos inferiores a 40 mm de CRAD, los cuales corresponden a suelos con profundidades medias de 40 cm.

Un 31 % de la superficie total tiene valores de entre 100 y 150 mm de CRAD. En este segundo tramo elegido para el estudio de la CRAD, existe una variabilidad también importante obteniendo valores entre el 0 y 25 % de pedregosidad.

Por otro lado y respecto a la profundidad del suelo, decir que el 34 % de la superficie de entre 100 y 150 mm de CRAD tiene profundidades medias inferiores a los 100 cm.

Los suelos con valores de CRAD entre 150 y 200 mm tienen valores de pedregosidad inferiores al 10 %. El 62 % de las 946 ha de este último intervalo de CRAD tienen valores de pedregosidad inferiores al 5 %.

El 100 % de la superficie definida entre estos dos últimos valores de CRAD tienen valores de profundidad superiores a los 100 cm. Destacar que más del 76 % de estas tienen profundidades medias de 120 cm.

El último intervalo de datos de la CRAD es aquel que esta entre 201 y 212 mm, es el que supone el 23 % del total de la superficie estudiada. En este caso la pedregosidad tampoco supera el 9 %.

De las casi 1150 ha de este intervalo, más del 61 % tiene valores de pedregosidad del 7,10 %.

En cuanto a profundidad, destacar que el 100 % de la superficie de este intervalo tiene suelos con una profundidad media de 120 cm.

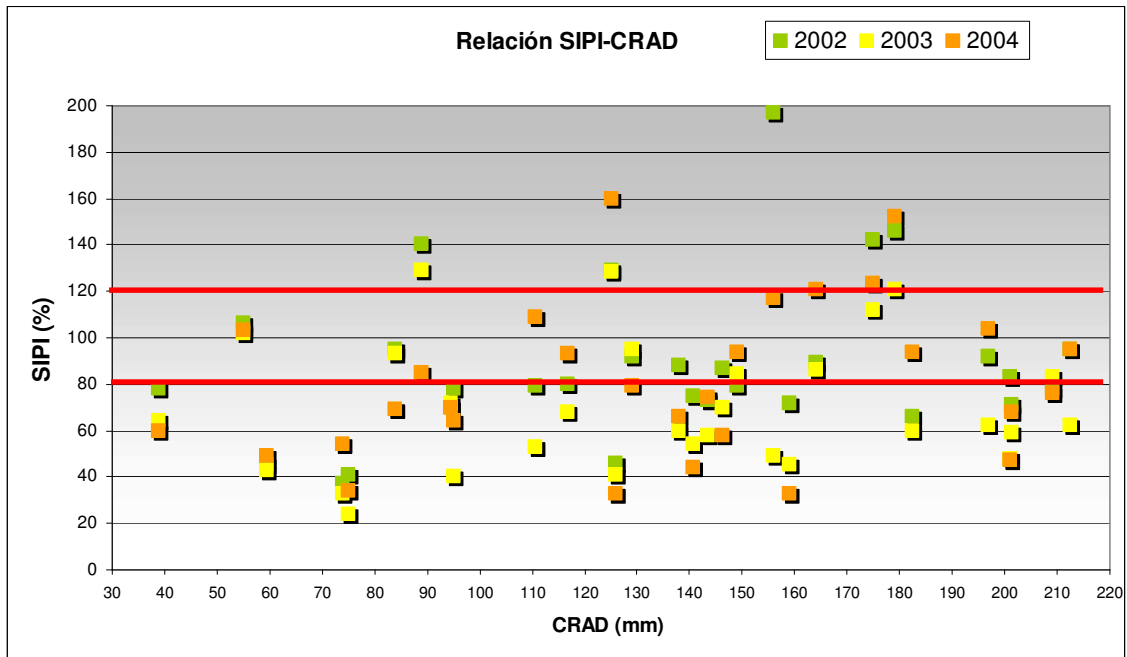


Figura 4.7. Relación entre el SIPI medio y la CRAD (mm).

En la figura anterior se observa una cierta tendencia en los tres años de estudio, dicha tendencia se ve reflejada en el aumento de valores de SIPI, que se van acercando a cien, empezando en valores de CRAD de entre 70 y 80. Otra tendencia más acusada a lo largo de los tres años, es el aumento de los valores del SIPI, empezando en valores de CRAD superiores a 120, hasta alcanzar valores de 180, donde los valores de SIPI rondan el dato de 120.

4.2.- ANÁLISIS DEL USO DEL AGUA EN LOS AÑOS 2002, 2003, 2004

4.2.1.- DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS EN LA COMUNIDAD

El cultivo de mayor importancia en la comunidad de regantes llevada a estudio, durante los años 2002, 2003 y 2004 es la alfalfa que ha ocupado más de un 38% de la superficie regada en los dos primeros años de estudio y casi un 35% en el último año (Tabla 4.1.). Este destacado porcentaje de dicho cultivo viene dado entre otras particularidades, por la existencia de varias deshidratadoras en la zona, este cultivo se reparte bastante homogéneamente en la totalidad de la superficie de la comunidad de regantes. El siguiente cultivo en importancia de superficie en la zona es el arroz, que se cultiva básicamente en las zonas bajas de los municipios de Selgua y Conchel, en las que predominan los suelos salinos. Estos no son aprovechables hasta el momento para otros cultivos más sensibles, debido entre otros factores al tipo de riego existente en estas zonas (riego a manta). El arroz viene a ocupar un 15% de la superficie regada aproximadamente en los tres de años. Como tercer cultivo en cuanto a extensión es el maíz, que en contraposición con la tendencia de los años anteriores (hasta el 2002), en los años de estudio existe una tendencia al alza aunque sea de manera lenta, pasando de un 12% del año 2002 al 15% del año 2004. La cebada se mantiene como el cultivo significativo después de los nombrados anteriormente. Aunque destaca el descenso que se produjo en el año 2004 de este cultivo pasando de los años 2002 y 2003 de un 12% a casi un 9% de la campaña 2004. En la siguiente figura se muestra la distribución temporal de los cultivos dentro de la comunidad de regantes.

CULTIVOS	ha- 2002	ha- 2003	ha- 2004	%ha2002	%ha2003	%ha2004
Alfalfa	1521	1402	1329	38,32	38,33	34,81
Arroz	621	435	601	15,65	11,89	15,74
Cebada	496	442	334	12,50	12,07	8,74
Maíz	466	537	574	11,74	14,67	15,03
Trigo blando	274	258	269	6,90	7,06	7,05
Girasol	149	157	178	3,75	4,28	4,67
Otros cultivos para deshidratados	80	134	30	2,02	3,67	0,78
Chopo	49	73	118	1,23	1,99	3,08
Prados y Forrajes Cultivados	39		1	0,98	0,00	0,02
Viñedo vinificación	27	21	26	0,68	0,59	0,68
Pastos Permanentes	20	20	31	0,53	0,55	0,81
Almendros	12	10	24	0,50	0,27	0,63
Veza forrajera	10	5	6	0,30	0,15	0,17
Manzano	8	13	8	0,25	0,35	0,20
Otros cultivos Herbaceos	8	3	1	0,20	0,08	0,03
Sorgo	7		7	0,18	0,00	0,18
Hortaliza excepto tomate	6	1	0	0,15	0,02	0,01
Peral	4	4	4	0,10	0,10	0,10
Olivar	1	13	19	0,03	0,35	0,50
Avena	1	2	7	0,03	0,05	0,19
Pastos no permanentes (menos de 5 años)		67	68		1,84	1,77
Ray-Grass		46	88		1,26	2,30
Veza grano		9	2		0,25	0,06
Nectarina		4	63		0,10	1,66
Guisantes		2	12		0,06	0,32
Festuca para semilla			17		0,00	0,44

Tabla 4.3. Distribución por cultivo y año de los cultivos más representativos de la comunidad de regantes a lo largo del periodo de estudio

Destacar que entre los tres cultivos de verano mas importantes de la zona como son la alfalfa, arroz y maíz ocupan una superficie mayor al 65 % de la superficie regada de la comunidad de regantes La Campaña.

Se cree importante resaltar los datos obtenidos de un cultivo que hasta ahora no tenía importancia en esta comunidad como es la nectarina, que ha pasado de un 0,10% de la superficie regada a un 1,7 % de dicha superficie, lo que corresponde a más de 60 ha.

4.2.2.- DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS POR TÉRMINO MUNICIPAL

A continuación se muestra la evolución de los cultivos en los diferentes municipios pertenecientes a la comunidad de regantes La Campaña, que son Barbastro, Ilche, Castejón del Puente, Monzón, San Miguel del Cínca. Destacar que en el municipio de Barbastro existe una notoria presencia de Viñedo, esto es debido a la presencia de la denominación de origen Somontano, con lo que ha proliferado la plantación de viñas y la creación de nuevas bodegas en la zona. Importante es en este municipio el aumento de superficie del cultivo del maíz y girasol en los años de estudio.

	2002(ha)	2003(ha)	2004(ha)
Alfalfa	6	5,94	-
Cebada	3	7,6	0,66
Girasol	-	-	7,35
Maíz	9	-	15,4
Trigo blando	-	9,46	-
Viñedo vinificación	25	20,83	24,64

Tabla 4.4. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Barbastro.

Por otra parte en el municipio de Ilche es importante la regresión que han sufrido los cultivos tanto de alfalfa como de maíz, pasando estos de 30 y 17 ha a 9 y 2 ha respectivamente. Por otro lado el trigo blando ha tenido un aumento considerable en los años de estudio, ya que pasa de haber una superficie regada de 3 ha en 2002 a la cantidad de 20 y 15 ha en los dos años siguientes respectivamente.

	2002(ha)	2003(ha)	2004(ha)
Alfalfa	30	18,05	9,04
Cebada	11	16,78	9,3
Maíz	17	3,68	2,61
Trigo blando	3	20,24	15,11

Tabla 4.5. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Ilche.

En el término municipal de Castejón del Puente se observa un descenso considerable de hectáreas de alfalfa, pasando de 456 ha en 2002 a 387 ha en 2004, lo que supone un descenso de casi 100 ha en 3 campañas. Por otro lado aumento el número de hectáreas de maíz aunque no de manera tan considerable, pasando estas de 200 a 245 ha en el periodo de estudio. El cultivo del girasol se mantiene durante los dos primeros años y en el 2004 repunta, aumentando casi 30 ha. Castejón del Puente es un municipio en el cual existen varios rebaños de ovejas los cuales pertenecen a usuarios de la comunidad de regantes. Causa posible de la existencia de la superficie de pastos no permanentes.

Castejón del Puente junto con Monzón son los términos municipales que más variabilidad de cultivos tiene, dado también que cuentan con mayor superficie en la comunidad de regantes.

	2002 (ha)	2003 (ha)	2004 (ha)
Alfalfa	456	399,36	387,25
Arroz	21	1,37	6,16
Avena	1	1,7	2,17
Barbecho Tradicional	-	2,42	4,15
Cebada	155	111,08	112,49
Chopo	5	-	1,19
Festuca para semilla	-	-	5,52
Girasol	77	72,04	100,81
Hortaliza excepto tomate	0	0,66	0,38
Maíz	204	219,96	245,43
Olivar	-	0,87	0,93
Otros cultivos Herbáceos	1	1,81	1,06
Otros cultivos para deshidratados	6	6,12	-
Pastos permanentes (menos de 5 años)	-	42,82	22,5
Pastos Permanentes	1	0,48	0,48
Trigo blando	133	161,77	175,29
Veza forrajera	6	2,37	2,7
Veza grano	-	9,01	2,26

Tabla 4.6. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Castejón del Puente.

La superficie del término municipal de Monzón perteneciente a la comunidad de regantes de La Campaña es la existente en parte de los municipios de Selgua y la totalidad de Conchel. Estos datos se traducen en un aumento de superficie cultivada a nivel general. Durante el periodo de estudio se da un descenso del cultivo de alfalfa, pasando de 932 ha en el primer año de estudio (2002) a 870 ha en el 2004. Ocurre algo similar con el cultivo de la cebada que se reduce en casi 100 ha la superficie cultivada en el periodo de estudio. Desaparece la superficie existente de plantación de melocotonero en el año 2002. Se mantiene la superficie de arroz y por otro lado aparece gradualmente en los dos últimos años de estudio el cultivo de nectarina. Destacar en estos municipios el crecimiento en casi tres veces la superficie de cultivo de chopo en los años de estudio pasando de 44 a 116 ha en el año 2004.

	2002 (ha)	2003 (ha)	2004 (ha)
Alfalfa	932	914,27	869,06
Almendros	10	9,76	19,89
Arroz	600	433,49	594,9
Cebada	280	240,61	185,36
Chopo	44	72,76	116,53
Girasol	59	83,2	70,31
Guisantes		2,1	5,29
Maíz	223	280,15	296,9
Manzano	8	12,64	7,59
Melocotonero	20	-	-
Nectarina		2,2	12,54
Olivar	1	8,89	9,74
Otros cultivos para deshidratados	74	128,1	29,69
Pastos permanentes (menos de 5 años)	-	24,46	45,21
Pastos Permanentes	19	19,65	30,49
Peral	4	3,71	3,71
Prados y Forrajes Cultivados	22		0,95
Ray-Grass		44,32	72,21
Trigo blando	138	60,11	78,69
Veza forrajera	4	2,97	3,77

Tabla 4.7. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de Monzón.

Desaparición del cultivo del girasol en el término municipal de San Miguel del Cínca en el año 2004 y por otro lado la proliferación de superficie de olivar en este mismo año, pasando de no haber ningún olivar en el año 2002 a la existencia de 8,26 ha regadas en el año 2004. Mantenimiento aunque con una ligera regresión de los cultivos de alfalfa, cebada y maíz. Aparición del cultivo del ray-grass en el último año de estudio. Muy importante aparición del cultivo de la nectarina al igual que paso en el término municipal de Monzón. Siendo todas estas parcelas tanto de un municipio como del otro del mismo usuario.

	2002 (ha)	2003 (ha)	2004 (ha)
Alfalfa	97	70,42	63,82
Cebada	47	70,52	25,81
Girasol	13	1,37	-
Guisantes	-	-	6,9
Maíz	13	32,74	13,72
Melocotonero	1	0,1	0,1
Nectarina	-	1,33	50,75
Olivar	-	3,11	8,26
Otros cultivos herbáceos	1	1,17	0,17
Ray-Grass	-	1,84	15,44
Viñedo vinificación	2	0,63	1,48

Tabla 4.8. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en el término municipal de San Miguel del Cínca.

4.2.3.- DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS POR UNIDAD DE GESTIÓN

Las unidades de gestión se detallan a continuación en la tabla 4.7., junto con la evolución de la superficie que se riega en cada una de ellas. La unidad de gestión más destacable dentro de la comunidad en cuanto a superficie es la A-8-4, seguida por la A-8-10 y A-8-12. Entre las tres riegan más del 50% de la superficie de la comunidad de regantes La Campaña. Las unidades de gestión existentes permanecen mas o menos en el transcurso de los años en el número de hectáreas regadas, pudiendo destacar los aumentos de la A-8-12, A-8-15 y A-8-22 Prima que han sido respectivamente de 70, 30 y 93 hectáreas, por otro lado destacar el desplome de hectáreas regadas en el A-8-10 que ha disminuido de en 110 ha en los tres años de estudio.

Unidad de gestión	2002	2003	2004
A-8-4	1.244	1.126	1.150
A-8-10	1.084	1.048	1.013
A-8-12	576	586	640
A-8-15	99	140	127
A-8-15'	20	31	23
A-8-16	93	88	94
A-8-18	75	86	85
A-8-18'	2		5
A-8-18''	16	14	8
A-8-19	11	17	11
A-8-19'	37	37	37
A-8-20	107	122	119
A-8-22	16	3	16
A-8-22'		93	93
A-8-23	35	54	39
A-8-24	56	65	68
A-8-Gemela-Dcha	203	206	226
A-8-Gemela-Izda	150	139	160

Tabla 4.9.-Evolución de la superficie regada en los años de estudio en las diferentes unidades de gestión.

A continuación se muestran cada una de las tres unidades de gestión por importancia de superficie regada, con la evolución de los cultivos más representativos de la comunidad de regantes.

El cultivo mas importante de la unidad de gestión A-8-4 es la alfalfa, que decrece en los tres años de estudio en 120 ha.

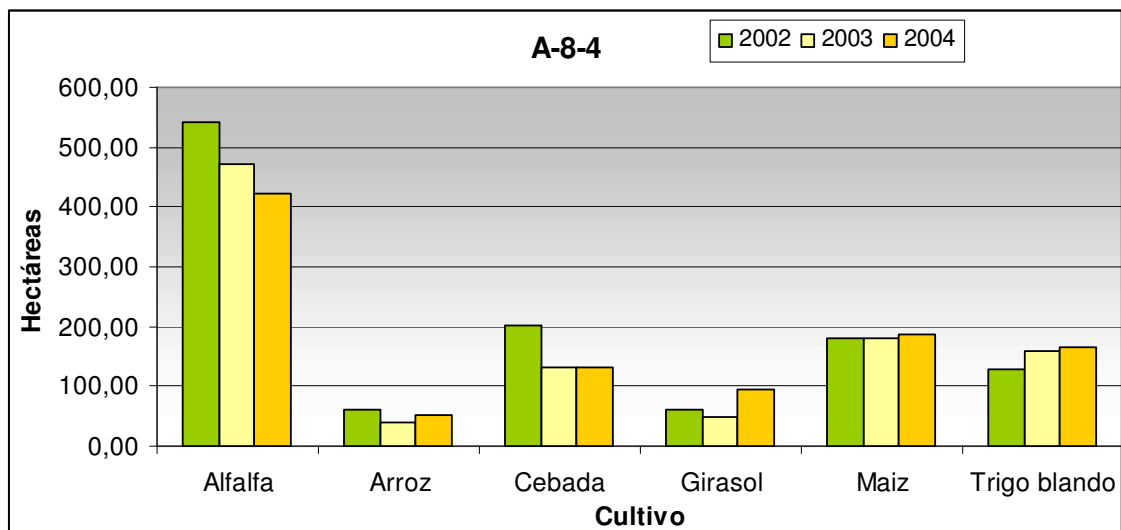


Figura 4.8. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en la unidad de gestión A-8-4.

En la segunda unidad de gestión por superficie regada A-8-10, los cultivos que predominan son el arroz y la alfalfa con una superficie más o menos constante en los años de estudio.

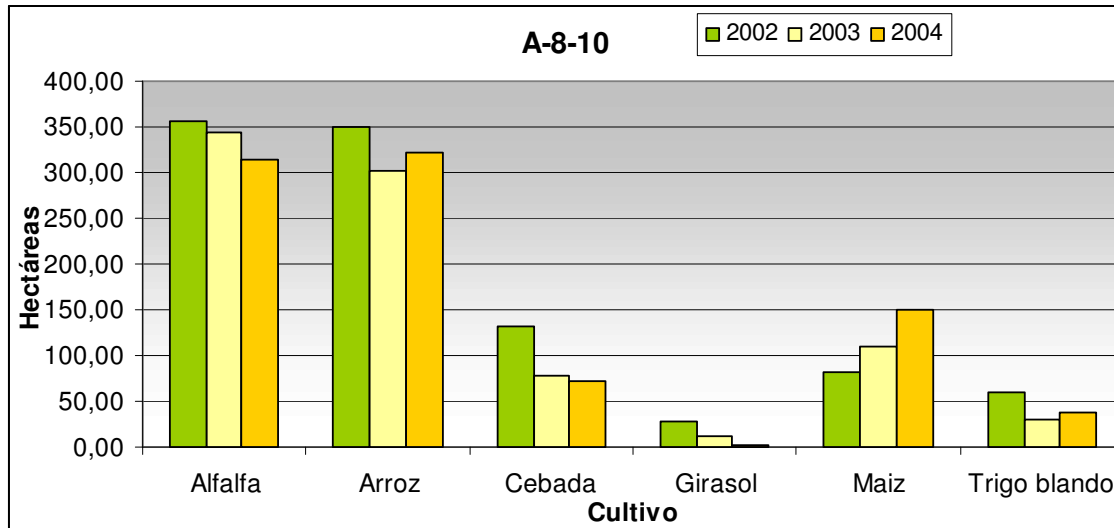


Figura 4.9. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en la unidad de gestión A-8-10.

En la tercera unidad de gestión en cuanto a superficie regada, destaca la variabilidad a lo largo del periodo de estudio de los cultivos más abundantes en esta unidad de gestión, como son la alfalfa y el arroz. Se observa un aumento importante en el número de hectáreas regadas en el cultivo de cebada en el año 2003.

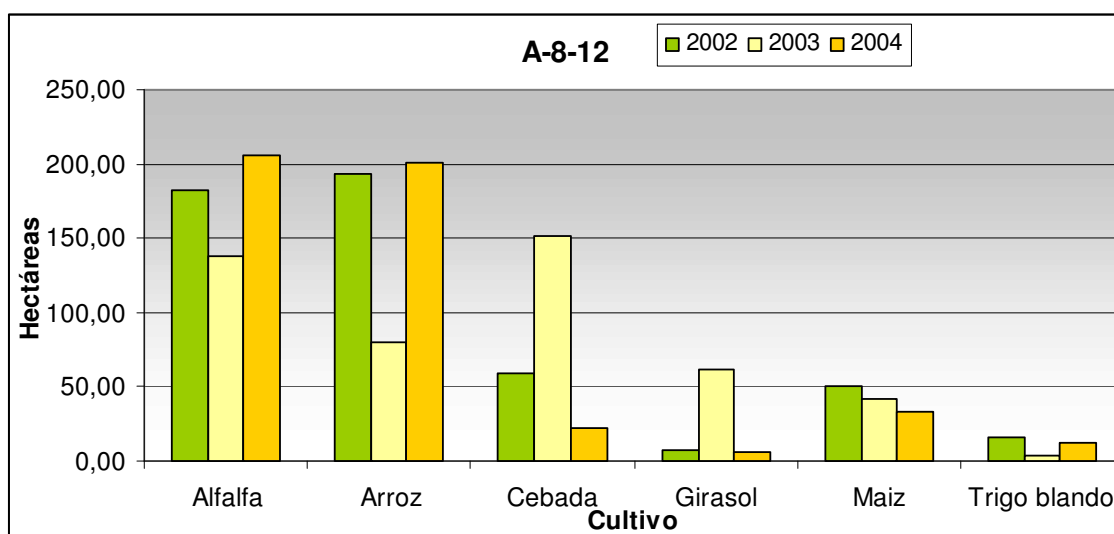


Figura 4.10. Evolución de los cultivos representativos en los años de estudio en la unidad de gestión A-8-12.

El resto de unidades de gestión relacionadas con las hectáreas regadas y según cultivos se pueden ver en el anejo de tablas.

4.2.4.-VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO EN LA COMUNIDAD DE REGANTES DURANTE LOS AÑOS DE ESTUDIO

El presente estudio se ha llevado a cabo sobre el agua de uso agrícola. Dejando de otro lado tanto el uso industrial, ganadero y urbano, aún siendo estos consumos relevantes en la comunidad.

La variabilidad existente entre los años de estudio, esta entre el 1% del año 2004 y el 4% de los años 2002 y 2003. Dicho porcentaje se debe a la diferencia entre el agua facturada de la CHE y la facturada a través del programa ADOR. Estos porcentajes de error en los datos, están dentro del margen admisible.

Una de las razones por la que existe un volumen mayor de agua facturada por la comunidad que por la CHE, radica en la situación donde recoge el agua la comunidad de regantes. Esta comunidad es la parte final del canal de Selgua por lo que las aguas sobrantes de otras comunidades vienen a parar a La Campaña.

En trabajos anteriores se han comparado los valores facturados por la CHE y por comunidades de regantes. Así Faci y col. (2000), observaron diferencias entre ambos valores, que producen que se cargue el mismo metro cúbico a distintas personas a la vez. Esto es frecuente cuando se trabaja con parcelas pequeñas y riegos por horas y no por días completos.

	Volumen CHE	Volumen ADOR
	m ³	
2002	28.029.000	29.092.838
2003	29.214.000	28.217.584
2004	31.965.000	32.320.333

Tabla 4.10. Evolución de los volúmenes del agua facturada por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y la que figura en la base de datos de ADOR.

4.2.5.- AGUA DE RIEGO APLICADA A LOS CULTIVOS

4.2.5.1.- VOLUMEN TOTAL Y VOLUMEN MEDIO POR HECTÁREA

El volumen total de agua que se utilizó para regar la superficie de los cultivos mas representativos de la comunidad de regantes, como son alfalfa, arroz y maíz (Tabla 4.9.) fue durante el periodo de estudio entre el 83 % de 2002, pasando por el 73 % del año 2003 y el 72 % del 2004.

De modo global en el periodo de estudio de los tres años va en aumento el volumen de agua gastado, entre el primer y segundo año el aumento fue de 4 hectómetros cúbicos y entre el segundo y tercer año de estudio fue de un hectómetro cúbico. De este mismo modo la superficie regada también aumenta. Al igual que la superficie regada el volumen de agua aplicada (m^3/ha) aumenta durante los años de estudio. Así los volúmenes medios aplicados a la superficie regada de cada año son: **7.010, 7.534, 8.073** para 2002, 2003, 2004, en parcelas mayores a 2 ha.

Considerando los cultivos que ocuparon más de 25 ha, el cultivo que recibió una mayor dosis de agua de riego en el año 2002 fue el chopo con $12.244 \text{ m}^3/\text{ha}$, en el año 2003 fue el arroz que recibió una cantidad de $13.618 \text{ m}^3/\text{ha}$, sin embargo en el año 2004 el cultivo que recibió mas cantidad de agua fue de nuevo el chopo con $22.025 \text{ m}^3/\text{ha}$.

El consumo tanto de alfalfa como maíz se mantiene prácticamente estable durante los años de estudio en cuanto a su volumen por hectárea en parcelas mayores de 2 ha, oscilando los volúmenes desde 7200 a $8500 \text{ m}^3/\text{ha}$, como se detalla a continuación.

	2002	2003	2004
Alfalfa	7.623	8.208	7.685
Maíz	8.540	7.266	7.710

Tabla 4.11. Evolución del consumo medio por hectárea y año de los cultivos de alfalfa y maíz.

El girasol como otro de los cultivos de verano tuvo ligeras oscilaciones en los tres años de estudio variando entre 3537 m³/ha en 2002, 6934 m³/ha en 2003 y 3789 m³/ha de 2004.

De los cultivos de invierno como son el trigo y la cebada se han obtenido consumos medios de entre los 1780 m³/ha hasta los 3900 m³/ha, se detallan los consumos de estos cultivos a continuación para ver numéricamente como ha sido la evolución de estos en los años de estudio.

	2002	2003	2004
Cebada	1.781	3.938	3.871
Trigo blando	3.104	2.542	3.909

Tabla 4.12. Evolución del consumo medio por hectárea y año de los cultivos de cebada y trigo blando.

El cultivo que menos consumo obtuvo en los tres años de estudio fue el viñedo, estando los tres años de estudio próximo a los 1000 m³/ha.

En general, el agua de riego aplicada en parcelas de más de 2 ha fue inferior a la media de todas las parcelas, lo cual está de acuerdo con lo encontrado anteriormente por Salvador (2000).

Todos estos valores obtenidos están dentro del rango de consumos medios-bajos en relación a los registrados en el Valle del Ebro en zonas regadas por superficie (Isidoro, 1999; Lecina, 2004). Los consumos encontrados por Causapé (2002) en Bardenas Zaragoza), fueron: alfalfa (15.025 m³/ha), maíz (11.308 m³/ha), y girasol (9.050 m³/ha). Todos estos valores son superiores a los que se dan en La Campaña.

Otro parámetro de relación con el consumo medio por hectárea y año de los diferentes cultivos de la cuenca del Ebro, son las recomendaciones netas que aparecen en las instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para elaboración de los planes hidrológicos de cuencas intercomunitarias, en los que hablan de dotaciones medias de entre 7.500 y 9.000 m³/ha.

Los volúmenes totales aplicados a los distintos cultivos de la comunidad de regantes se muestran en la tabla 4.11.

Cultivos	Vol. Total en miles de m ³		
	2.002	2.003	2.004
Alfalfa	12.328	12.088	10.774
Arroz	7.059	6.710	8.550
Cebada	1.044	2.433	1.895
Girasol	628	1.182	761
Maíz	4.058	4.889	4.809

Tabla 4.13. Volumen total de agua aplicada a los distintos cultivos

Los volúmenes medios para estos cultivos en parcelas de cualquier superficie en comparación con las parcelas de más de 2 hectáreas, se muestran en la tablas siguientes (figuras 4.4., 4.5., 4.6.)

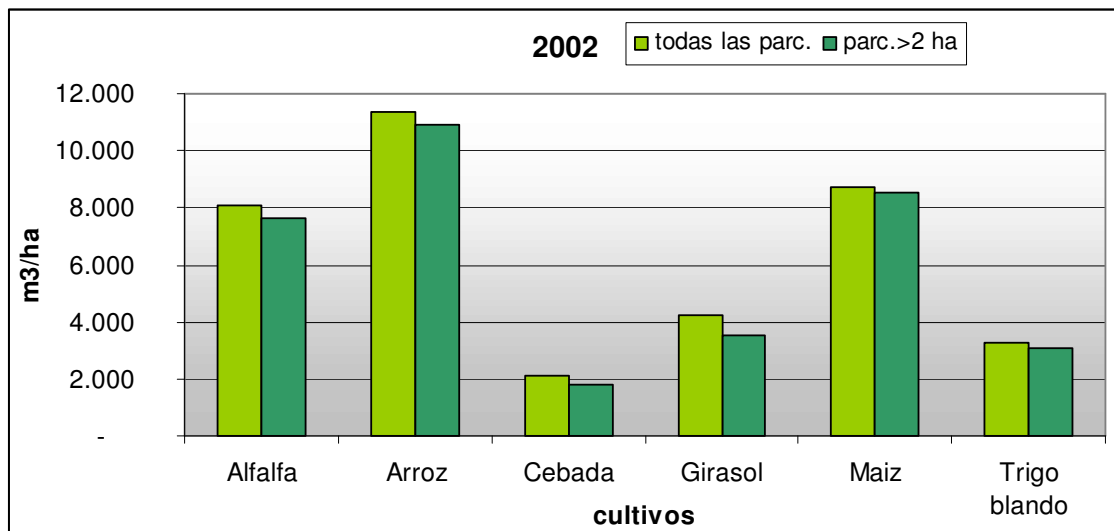


Figura 4.11. Comparación del consumo medio de todas las parcelas frente a las parcelas superiores a 2 ha en el año 2002.

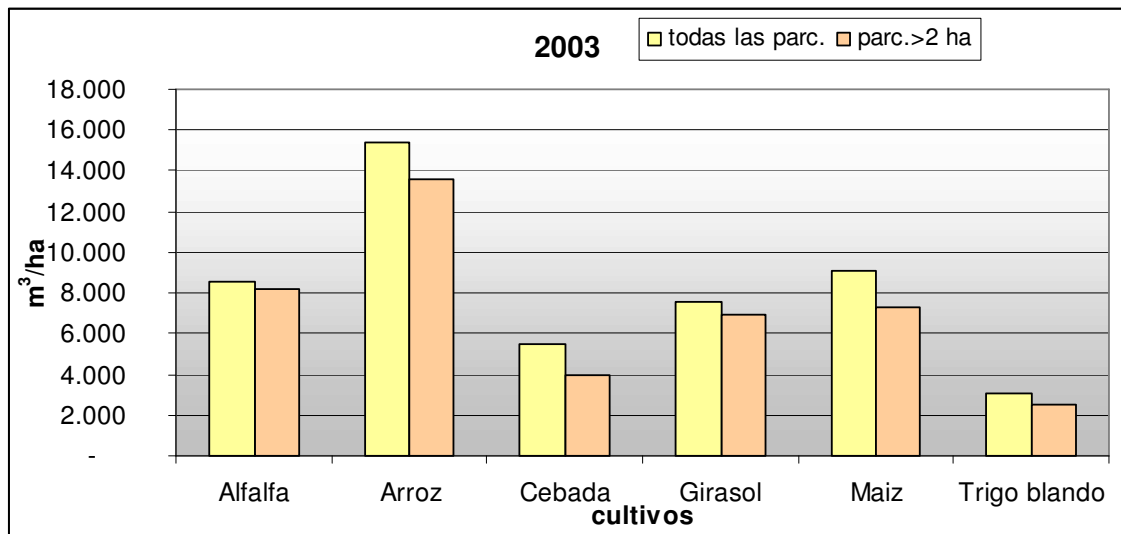


Figura 4.12. Comparación del consumo medio de todas las parcelas frente a las parcelas superiores a 2 ha en el año 2003.

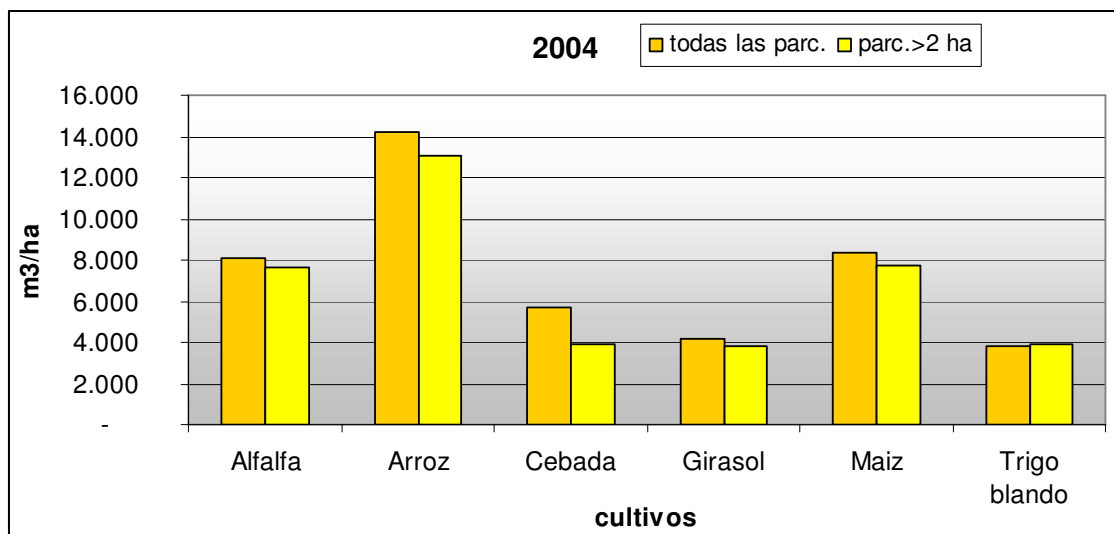


Figura 4.13. Comparación del consumo medio de todas las parcelas frente a las parcelas superiores a 2 ha en el año 2004.

Como se observa en las figuras anteriores, a lo largo de los tres años de estudio, los consumos medios que se obtienen en el total de las parcelas es siempre superior a las medias que se obtienen en las parcelas superiores a las 2 ha, exceptuando en el año 2004, que para el cultivo del trigo blando la media de las parcelas superiores a 2 ha fue superior a la de todas las hectáreas, 3.909 y 3804 m³/ha respectivamente.

4.2.5.2.- VARIABILIDAD DEL VOLUMEN DE AGUA DE RIEGO APLICADA A LOS DISTINTOS CULTIVOS

Un aspecto muy importante del consumo de las parcelas según sus cultivos es saber su variabilidad, de esta manera se realizan unos gráficos de los cultivos más representativos de la comunidad de regantes, relacionando el porcentaje de superficie de dichos cultivos con unas franjas de volumen de agua de riego aplicada. Estos cultivos son: alfalfa, maíz, arroz, cebada y trigo blando.

Para el cultivo de la alfalfa existe cierta variabilidad en lo que a tramo de consumo se refiere, siendo el que mayor porcentaje tiene es el tramo de 4000-6000 en el año 2002, en el año 2003 es el tramo de 6000-8000 con un porcentaje de la superficie regada de casi un 28 %. Y en el tercer año de estudio el tramo mas frecuente de consumo fue de nuevo el de 4000-6000 con casi un 29 %.

Destacar que entre los tramos 4000-6000 y 6000-8000 se obtiene más de un 40 % de la superficie regada en los dos primeros años de estudio y se supera el 50 % en el año 2004.

En los años 2002 y 2003 el porcentaje de superficie infrarregada permanece idéntico manteniéndose en el 18 %, dicho porcentaje se rebaja en poco más de 4 puntos en el año 2004.

Resaltar el porcentaje de superficie sobrerregada ($> 10000 \text{ m}^3/\text{ha}$) existente en el año 2002 que fue de un 27 % y ver como en los dos años siguientes este porcentaje baja hasta el 24 %.

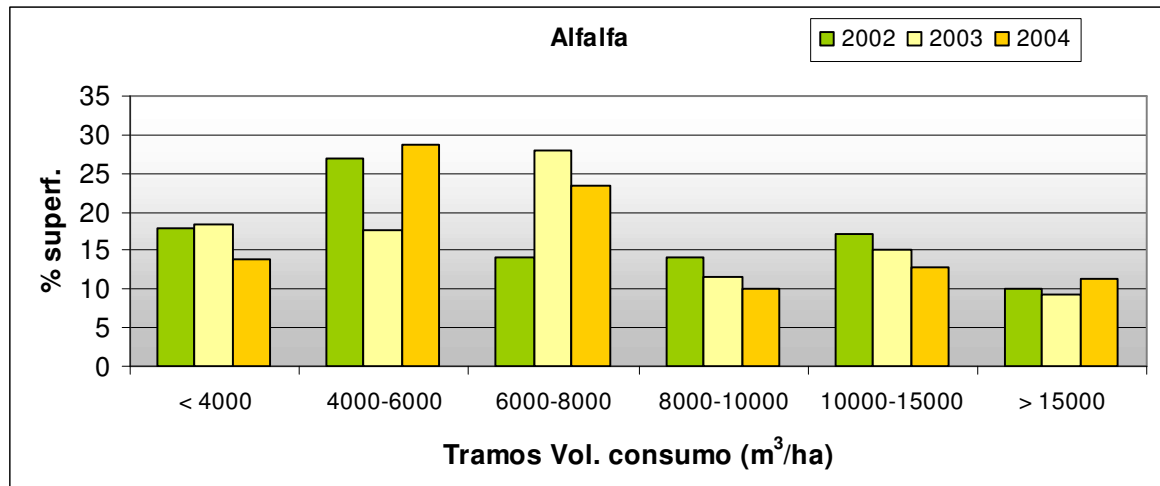


Figura 4.14. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de la alfalfa, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

Para el consumo del maíz se ve reflejada en la gráfica siguiente que en el año 2002 la variabilidad es muy parecida para los tramos de consumo que van de 6000-15000 m³/ha, lo cual no se repite en los años siguientes ya que destaca tanto en el año 20003 como 2004 el tramo que comprende entre 4000-6000 m³/ha.

Comentar que entre los tramos 4000-6000 y 6000-8000 se riega mas del 50 % de la superficie en los años tanto 2003 como 2004.

Para el tramo de consumo mayor de 15000 se ve una evolución muy marcada ya que del año 2002 en que existía un 9 % de superficie regada se paso a porcentajes del 13 y 14 % en los años siguientes.

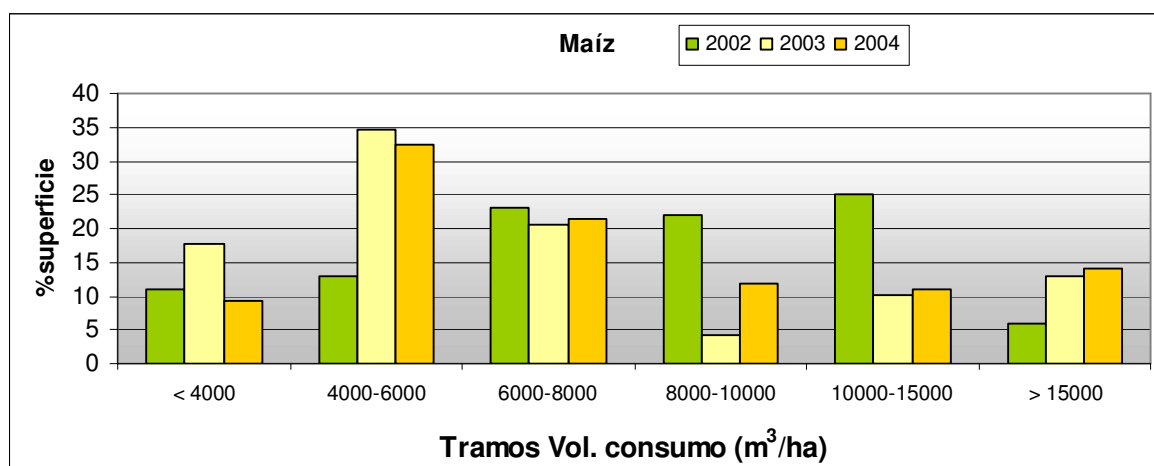


Figura 4.15. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de maíz, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

En la variabilidad del volumen de agua de riego aplicada en el cultivo del arroz hay que destacar el porcentaje significativo de superficie existente en el tramo de 0-4000 ya que en el año 2002 es de un 16 %, en el 2003 aumenta hasta el 31 % y en el tercer año de estudio disminuye por debajo del 10 %. Para los dos primeros años de estudio esto podría ser debido a una mala asignación del agua, junto a la existencia de riego de la misma parcela por diferentes acequias o incluso al aprovechamiento de caudales sobrantes de otras acequias. Esto último puede ser debido a la manera de riego del arroz ya que al ser por inundación y tener un consumo diario constante, una vez que la parcela coge su capacidad máxima de almacenamiento de agua el resto va al desagüe la cual puede ser aprovechada aguas abajo.

Por otra parte los elevados consumos de este cultivo ya que en los tres años de referencia, tanto en el primero como en el segundo casi el 60 % de la superficie regada tiene consumos superiores a 10000 m³/ha y en 2004 esta superficie se eleva hasta el casi 72 %.

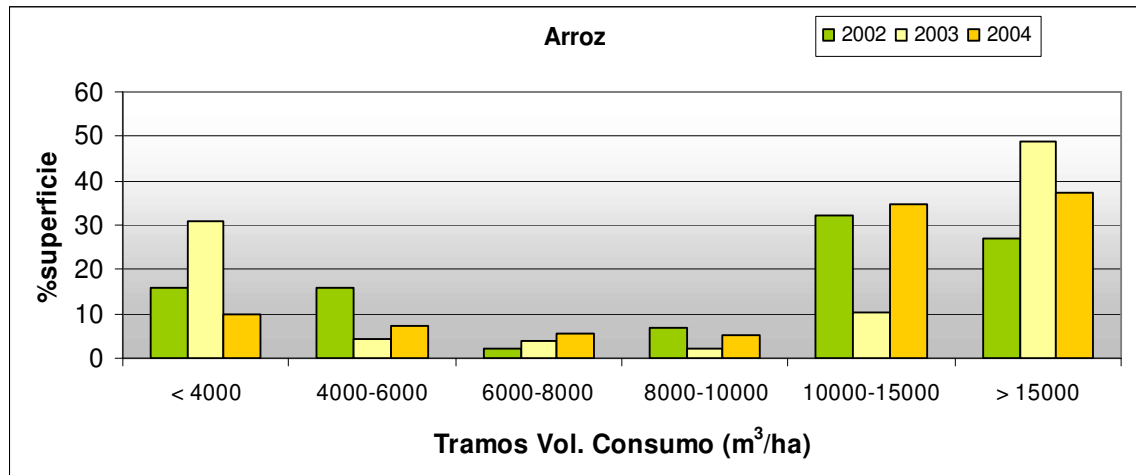


Figura 4.16. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de arroz, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

Con respecto al cultivo de la cebada y del trigo blando se han modificado los tramos de consumo debido a las diferentes necesidades con los cultivos de verano anteriormente explicados.

La cebada tuvo su mayor porcentaje de superficie regada en el tramo de 0-1000 en el año 2002, lo que indica que estuvo falta de riego en su mayor porcentaje de superficie regada. Para los años siguiente esto cambio de manera considerable ya que el ramo con mayor porcentaje de superficie regada tanto en el 2003 como en el 2004 fue el de mayor de 5000 m³/ha con un 42 y 41 % respectivamente.

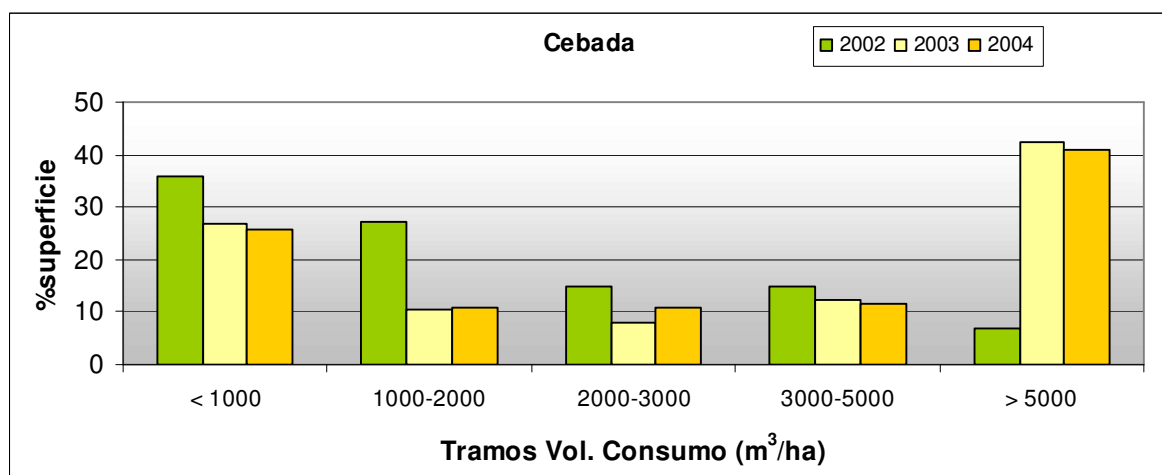


Figura 4.17. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de cebada, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

El trigo blando a lo largo de los años de estudio donde muestra mayor variabilidad es en el primer año de estudio, siendo el tramo con mayor porcentaje de superficie regada el comprende entre 2000-3000 siendo de un 44 %. Por otra parte en los dos años siguientes de estudio la variabilidad del volumen de agua se mantuvo más o menos igual en los diferentes tramos de cada año. Destacando el 27 % de superficie en el tramo de menos de 1000 m³/ha en el año 2003.

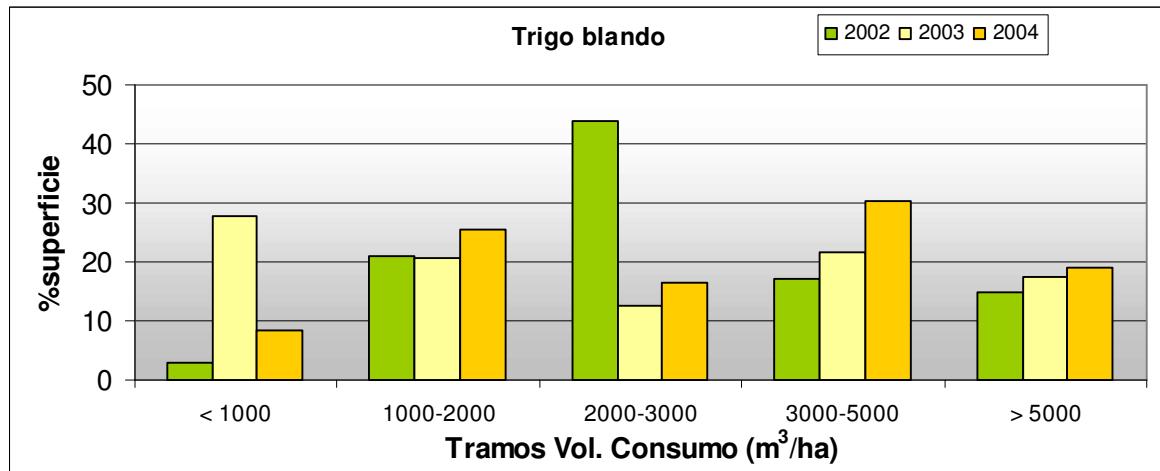


Figura 4.18. Evolución en porcentaje de superficie del cultivo de trigo blando, según diferentes intervalos de consumo por hectárea y año.

4.2.6.- AGUA DE RIEGO APLICADA A LAS PARCELAS

El volumen medio de agua de riego aplicada por parcela regada ha ido en aumento, desde 7329 m³/ha en el 2002 hasta 8537 m³/ha del 2004. En parcelas de más de 2 ha, se ha mantenido casi la proporción pasando de 7010 m³/ha en el año 2002 hasta 8073 m³/ha del año 2004. Esto se puede explicar de manera que en las parcelas con mayor superficie el riego suele ser más eficaz el riego.

Si consideramos el total de la superficie de la comunidad de regantes regable, el volumen medio de agua de riego aplicada estaría entre los 5847 m³/ha del 2002 y los 6180 m³/ha del año 2004. Estos datos son posibles a todas las hectáreas que no se riegan.

Como se puede ver en el gráfico siguiente nos damos cuenta existe cierta variabilidad a lo largo de los años de estudio, ya que los tramos con mayor porcentaje de superficie van cambiando. De tal manera que en el año 2002 el tramo mas común fue el 2000-4000, en el año 2003 fue el de 6000-8000 y llegando al año 2004 que fue de 4000-6000.

En cuanto a los consumos más altos decir que fueron aumentando cada año, pasando de un 10 a 13 y por último a un 15 % de superficie regada por encima de 15.000 m³/ha. Una de las causas del aumento progresivo de este porcentaje puede venir dado por el aumento igualmente paulatino de la superficie dedicada al cultivo del chopo puesta en riego durante los tres años del estudio, pasando de 49 ha en 2002 a 73 en 2003 y a 117 en el año 2004.

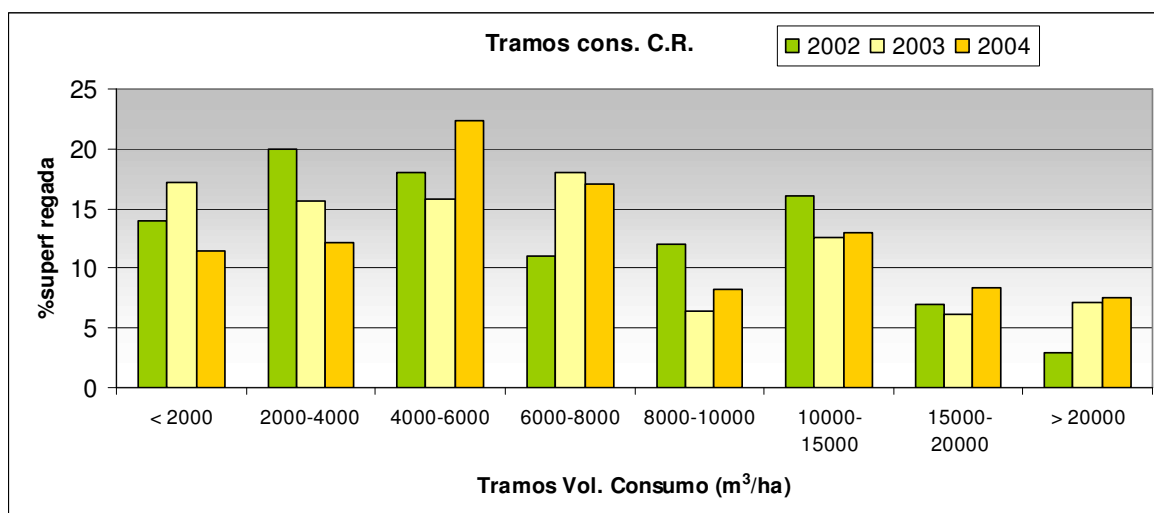


Figura 4.19. Evolución en porcentaje de la superficie regada por hectárea y año en diferentes intervalos de consumo.

4.2.7.- AGUA DE RIEGO APLICADA POR UNIDAD DE GESTIÓN

4.2.7.1.- VOLUMEN TOTAL Y MEDIO APLICADO POR UNIDAD DE GESTIÓN

Las unidades de gestión con mayores volúmenes de consumo a lo largo del periodo de estudio se mantienen constantes siendo estas: A-8-4, A-8-10, A-8-12, A-8-Gemela Derecha, superando las cuatro el volumen de 2 hectómetros. Destacar la unidad de gestión A-8-22' que de no tener ningún volumen asignado en el primer año de referencia paso a tener un hectómetro en 2003 y más de 2 en el 2004, debiéndose esto a la implantación del chopo en la zona de riego de dicha unidad de gestión.

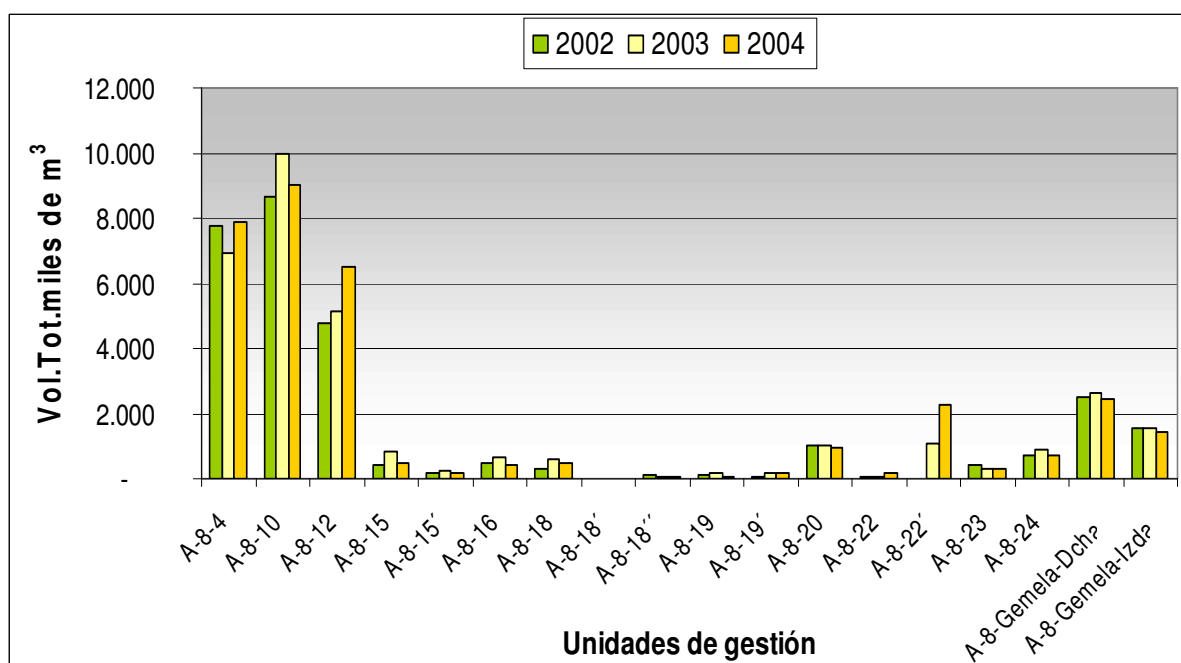


Figura 4.20. Volumen total de agua consumido por unidad de gestión en los años de referencia.

Para los volúmenes medios de consumo de estas unidades de gestión se observa como en la A-8-4 dicho volumen se mantiene alrededor de los 6.000 m³/ha. Al igual ocurre en la A-8-Gemela derecha que el volumen medio se mantiene en una pequeña franja que va de los 10.800 a los 12.800 m³/ha. El mismo ejemplo tenemos en la A-8-10.

Sin embargo en A-8-12 existe mayor variabilidad pasando el volumen medio de 7.500 m³/ha en 2002 a 10.000 m³/ha en el año 2004. Siguiendo este un ascenso continuado.

Las diferencias existentes entre los volúmenes entre la A-8-4 y la A-8-10 y A-8-12 se deben en parte a la existencia del cultivo del arroz en estas dos últimas unidades de gestión, siendo este cultivo muy inferior en superficie en la A-8-4.

En cuanto a volúmenes medios elevados tendremos que hablar de las unidades de gestión A-8-24 y A-8-Gemela derecha cuyos consumos están entre los 10.000 y los 12.000 m³/ha. Dichos volúmenes se mantienen a lo largo de los tres años de estudio. Dado que el número de hectáreas se mantiene con leves oscilaciones a lo largo de los años, se puede atribuir en parte este volumen elevado al tipo de suelo existente en estas zonas, como son los sasos. Suelos muy poco profundos con mucha cantidad de piedras.

En cuanto a volúmenes medios mas bajos esta la unidad de gestión A-8-19' que tiene unos consumos desde 2.000 m³/ha en el año 2002 pasando por los 4.400 del año 2003 y por último los 4.200 del 2004. El aumento de volumen medio se ve reflejado por el cambio de cultivo en los años 2003 y 2004 que las 22 ha de trigo blando en el 2002 se cambiaron a maíz en los años siguientes.

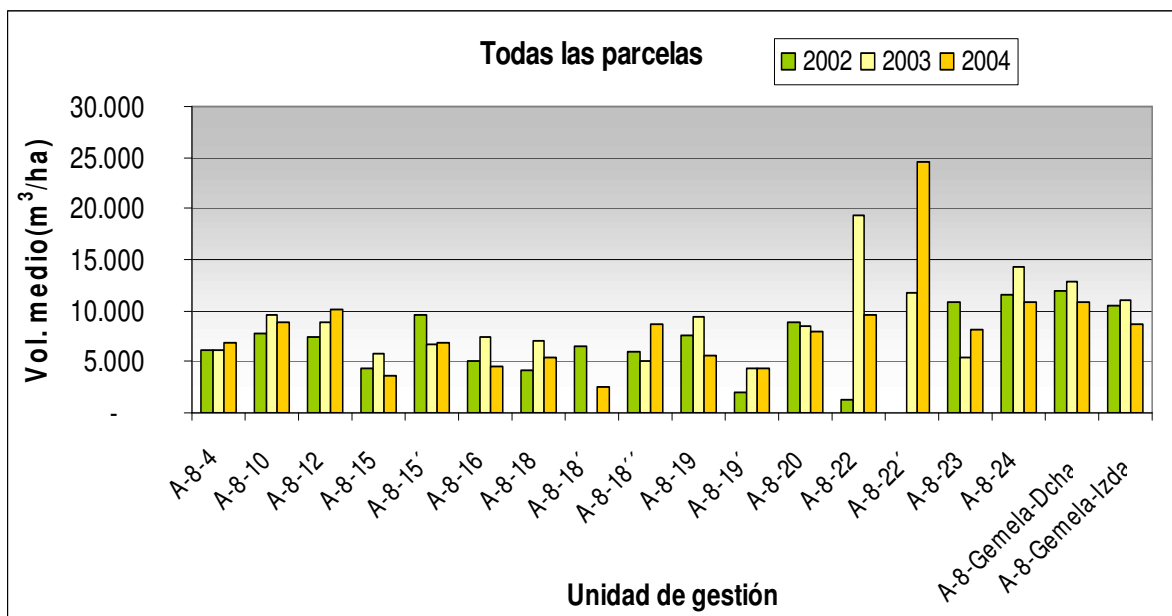


Figura 4.21. Volumen medio de consumo por unidad de gestión en los años de referencia.

4.2.8.- AGUA UTILIZADA POR PAGADOR DE AGUA (REGANTE)

Después de analizados los datos de regantes en relación con los diferentes tramos de volumen aplicado se ve que tanto el tramo de 4.000-6.000 y el de 10.000-15.000, son los dos tramos en los que se concentran el mayor número de regantes, siendo los valores de ambos tramos iguales a lo largo del periodo de estudio. Coincide que el tramo comprendido entre 4.000-6.000 es el tramo que mas superficie riega variando desde las 934 ha en el 2002, aumentando estas a 993 en el año 2003 y llegando hasta 1.230 ha en 2004.

Sin embargo el tramo siguiente que mas superficie riega es el que esta entre 6.000-8.000, sufriendo este un pequeño decrecimiento en número de hectáreas pasando de 852 en el año 2002 a las 811 en el 2004.

En el tramo de 4.000-6.000 m³/ha se ve como aumenta la superficie a lo largo del periodo de estudio, pero el número de regantes se mantiene constante con lo que esto se traduce en un aumento de superficie media regada por regante (ha). Pasando esta de 27 ha en el 2002 a las 33 ha en el 2004.

Por otro lado en el tramo entre 6.000-8.000 ocurre lo contrario que lo anteriormente expuesto, la tendencia de la superficie es a la disminución, lo que coincide con la tendencia en el número de regantes que también es a la baja, pasando de 32 regantes en el año 2002 a los 25 regantes en el año 2005.

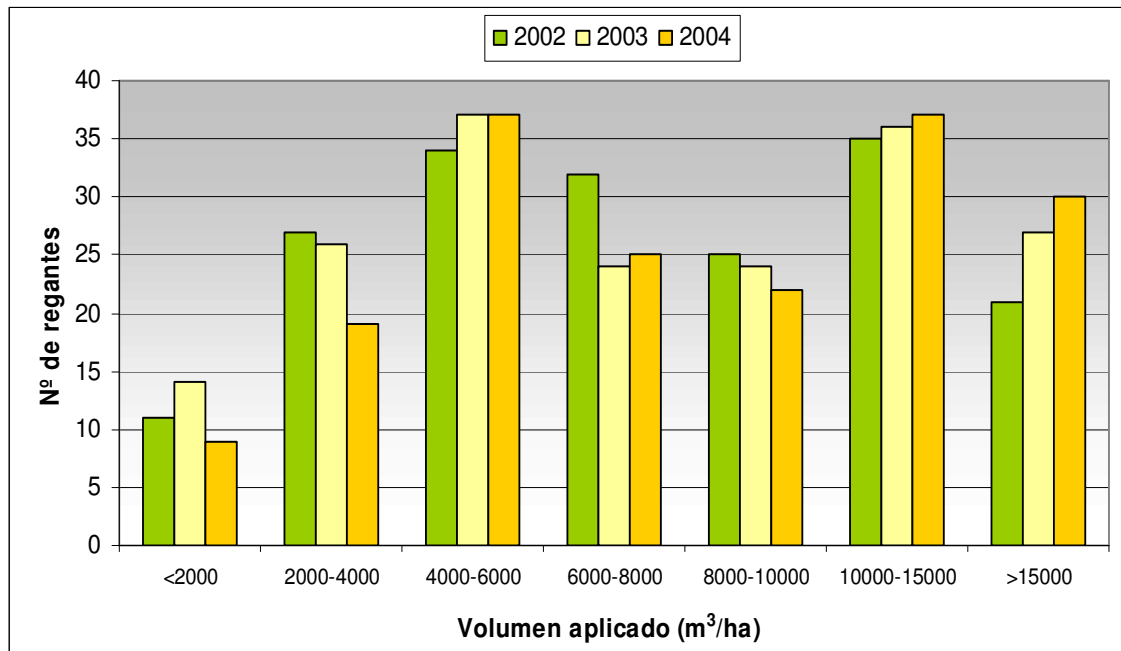


Figura 4.22. Número de regantes en relación a los diferentes intervalos de volumen de agua por hectárea y año de riego aplicado por unidad de superficie.

El tramo que menor número de regantes tiene y que su tendencia es a seguir disminuyendo, es el tramo menor de 2.000 m³/ha que coincide con la tendencia en el número de hectáreas que han pasado de 174 en el año 2002, a 158 en el 2003 y 152 en el 2004. Estos datos coinciden también con el menor número de hectáreas regadas por regante que se dan en este tramo con un media que varía de 11 a 17 ha.

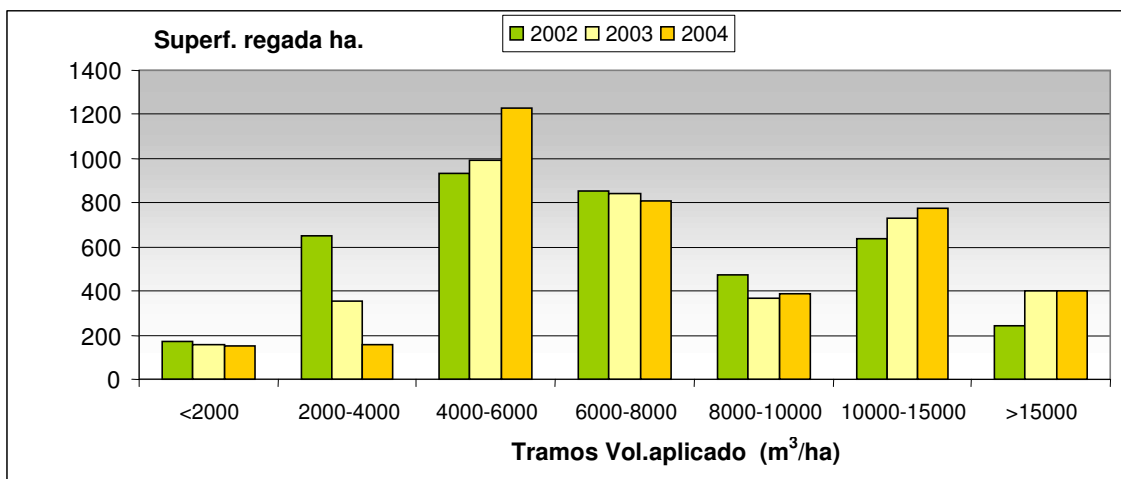


Figura 4.23. Superficie regada en los diferentes intervalos de volumen aplicado por hectárea y año en los años de referencia.

De modo general y viendo los datos que a continuación se muestran en el gráfico, se puede decir, que conforme aumentan los tramos de superficie disminuye el número de regantes y también el volumen medio aplicado va disminuyendo.

Los tramos comprendidos entre 0 y 15 ha. Suman mas de la mitad del número de regantes existentes en la comunidad, en el 2002 eran el 56 % de los regantes, en el 2003 era el 55 % y en 2004 el 50 %. Así mismo el primer tramo de superficie tiene los volúmenes medios aplicados mas elevados.

El volumen medio aplicado disminuyó de manera considerable una vez que se sobrepasan las cien hectáreas. De igual manera se ve una disminución considerable en el número de regantes una vez que se sobrepasan las 50 ha, siendo estos el 10 % de los regantes, manteniéndose constante este porcentaje a lo largo de los años de estudio.

	2002		2003		2004	
Tramo de superficie (ha)	Numero de regantes	Volumen medio aplicado (m3/ha)	Numero de regantes	Volumen medio aplicado (m3/ha)	Numero de regantes	Volumen medio aplicado (m3/ha)
0-5	61	9.481	65	11.307	62	12.533
5-15	42	8.798	38	7.609	27	9.297
15-30	38	6.252	49	7.620	51	7.888
30-50	23	7.018	20	8.310	21	9.264
50-75	13	8.316	8	10.658	10	8.406
75-100	4	8.472	4	11.806	2	4.043
100-200	3	5.301	3	5.923	5	5.622
>200	1	6.422	1	6.406	1	6.393

Tabla 4.14. Volumen de agua de riego aplicado por unidad de superficie según la superficie regada por cada regante y año.

A continuación se representa de forma gráfica mediante una dispersión de puntos, la relación existente entre el riego aplicado y la superficie regada por cada regante en los tres años de estudio.

Se observa una dispersión bastante parecida a lo largo de los tres años, en la cual el mayor número de regantes se concentra por debajo de las 35 ha de riego, existiendo consumo por hectáreas muy dispares, sobre todo en función de los cultivos. Los

consumos medios mayoritarios por debajo de estas 35 ha esta entre los 5.000 y los 10.000 m³/ha.

Se observa también que por encima de las 118 ha se obtienen valores de consumos medio por hectárea por debajo de los 7.000 m³, dándose esta situación en solo 4 regantes, los cuales aglutinan un total aproximado de 655 ha regadas en cada año.

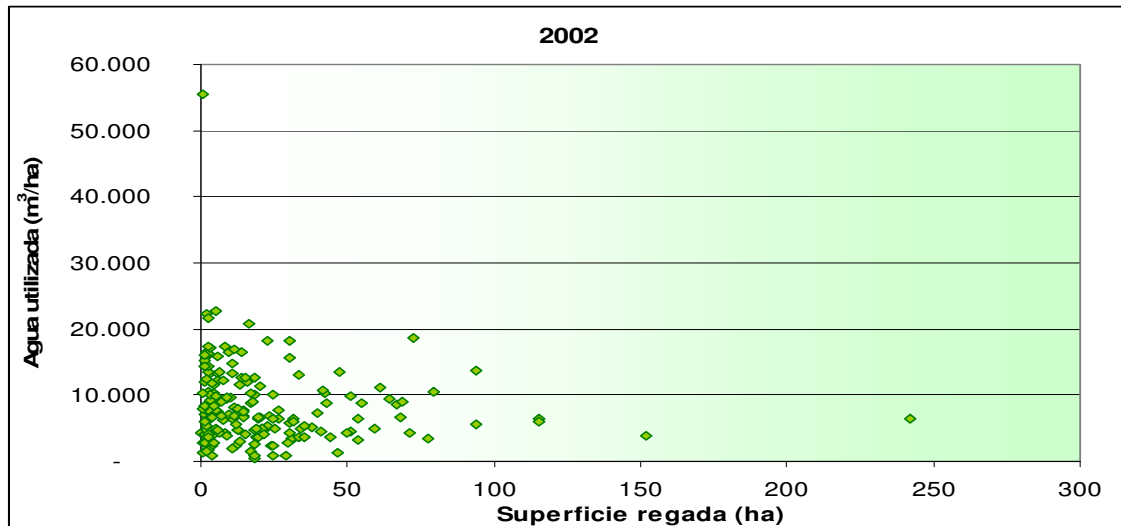


Figura 4.24. Relación entre el riego aplicado y la superficie regada por cada regante en 2002.

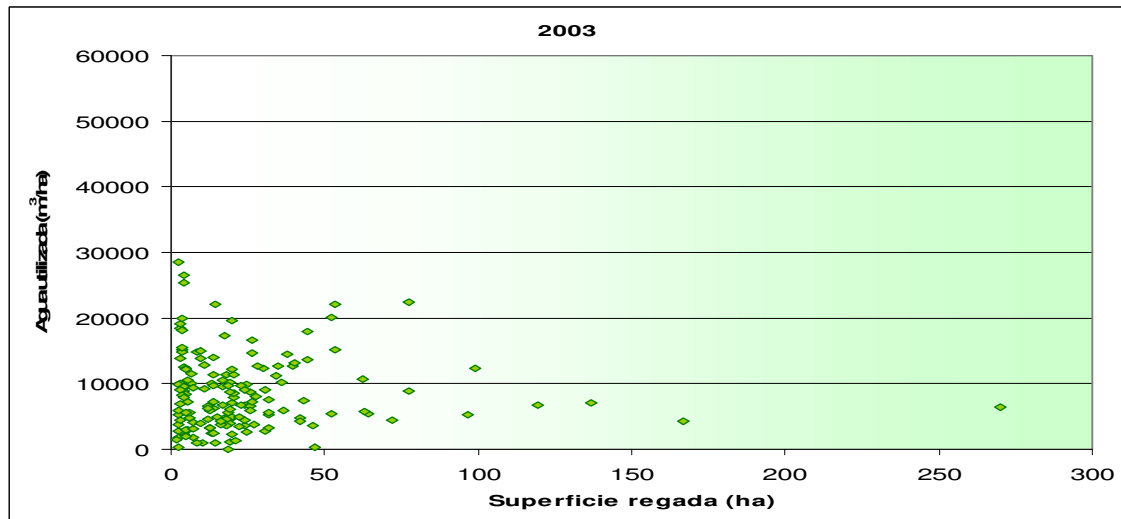


Figura 4.25. Relación entre el riego aplicado y la superficie regada por cada regante en 2003.

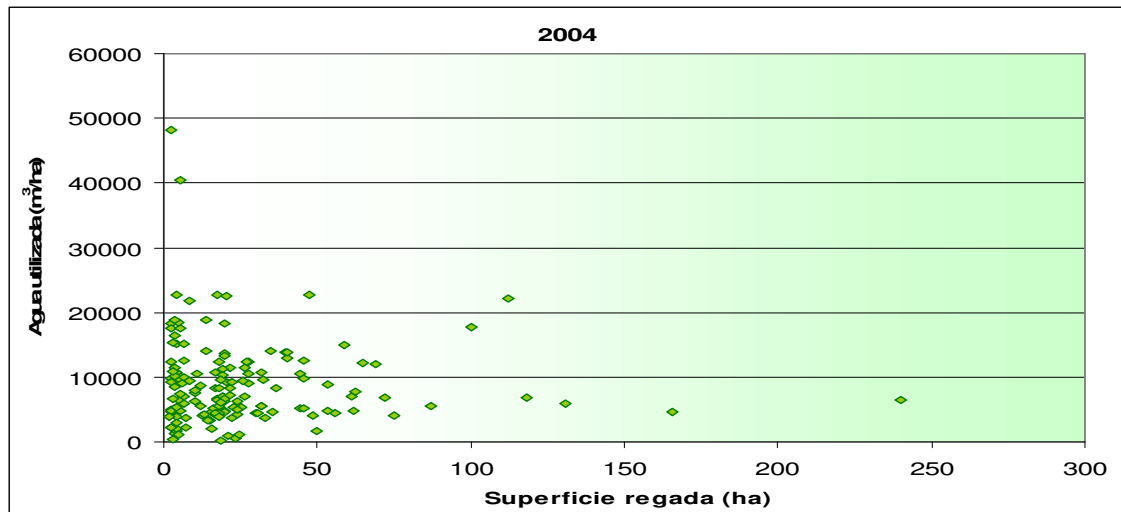


Figura 4.26. Relación entre el riego aplicado y la superficie regada por cada regante en 2004.

4.2.9.-EVOLUCIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DE RIEGO A NIVEL ESTACIONAL (SIPI) Y MENSUAL (MIPI) DURANTE 2002, 2003 Y 2004.

4.2.9.1.- SIPI PARA TODA LA COMUNIDAD

El valor medio ponderado del SIPI para toda la comunidad, durante el periodo de estudio, se muestra en la siguiente tabla. Unos valores que al ser menores de 100 nos indican que ha existido un sobrerriego, como se ve en la tabla los dos últimos años de estudio existió un ligero exceso de riego superior al del año 2002.

	2002	2003	2004
SIPI (%)	73	59	66

Tabla 4.15. Evolución del SIPI

4.2.9.2.- EVOLUCIÓN DEL SIPI POR CULTIVOS

En lo que respecta al SIPI medio de la comunidad por cultivos nos deja unos resultados dispares. El cultivo de la alfalfa en los años 2002 y 2003 se riega ligeramente en exceso, por otro lado en el año 2004 se riega de manera correcta.

Con el cultivo de arroz ocurre que en los tres años existe exceso de riego aunque más acusado en el año 2003 (59, 44, 60).

La cebada destaca su paso de una escasez de riego en el 2002 (138), aunque está próximo al rango de riego correcto (80-120). Al riego correcto en 2003 (88) y un riego en exceso en 2004 (60).

En el cultivo del girasol los años 2002 y 2004 están más cercanos al valor de cien, lo que indica un riego más correcto en cuanto a las necesidades hídricas del cultivo.

El cultivo de la alfalfa se mantiene constante los dos primeros años de estudio (72 y 74), existiendo un pequeño exceso de riego. En el año 2004 se da un valor de 94 lo que indica que se ha regado de manera correcta.

El cultivo del maíz sigue prácticamente los mismos valores del arroz correspondiendo estos a un exceso de riego considerable a lo largo de la campaña de riego.

El trigo blando destaca por la gran variabilidad existente en los datos, ya que en el año 2002 se regó de manera correcta, pasando en el año 2003 a tener un exceso de riego considerable, obteniendo un valor del SIPI de 70 en el año 2004, lo que indica que existió un sobrerriego en los años 2003 y 2004.

	SIPI-2002	SIPI-2003	SIPI-2004
Alfalfa	72	74	94
Arroz	59	44	60
Cebada	138	88	60
Girasol	97	53	127
Maíz	53	51	72
Trigo Blando	108	51	70

Tabla 4.16. Evolución del SIPI en los cultivos representativos de la comunidad de regantes.

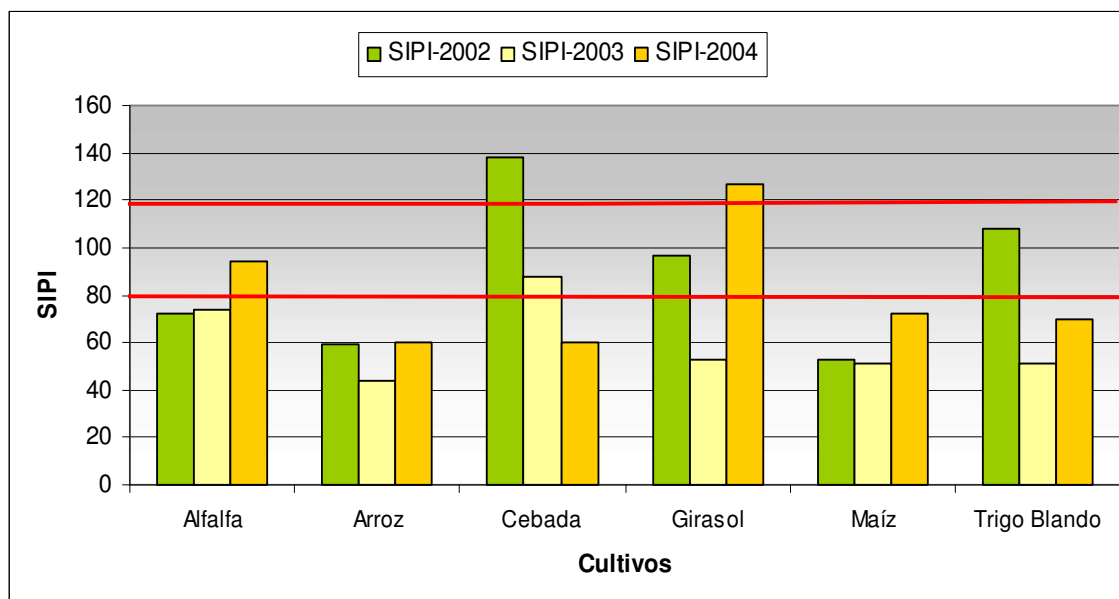


Figura 4.27. Evolución del SIPI en los cultivos representativos de la comunidad de regantes.

El SIPI medio de toda la comunidad por cultivo, que se muestra en las tablas anteriores, tiene una variabilidad elevada a la hora de ver como se reparte en intervalos diferentes del índice estacional de calidad de riego.

El arroz mantiene en los dos primeros años de estudio los porcentajes muy parecidos en intervalo de índice estacional menor de 80. Para el intervalo existente entre 80-120 el porcentaje de superficie regada se mantiene durante los años 2002 y 2003, mientras en el 2004 el porcentaje era de un 19%.

Del total de superficie de alfalfa regada en la comunidad de regantes a lo largo de los tres años de estudio se regaron correctamente un 21, 34 y 25% en los años 2002, 2003 y 2004 respectivamente, lo que supone un riego correcto de 474 ha en 2002, 473 ha en 2003 y 339 ha en el año 2004.

	% ha<80			% ha80 a 120			% ha>120		
Cultivo	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Alfalfa	48	36	24	21	34	25	31	30	50
Arroz	66	60	61	3	4	19	31	35	20
Cebada	18	81	64	11	3	6	71	16	30
Girasol	27	60	5	28	14	41	45	32	54
Maíz	78	51	37	11	33	34	11	16	29
Trigo Blando	17	52	43	18	8	18	65	40	39

Tabla 4.17. Porcentaje de superficie regado en cada uno de los intervalos analizados, para los distintos cultivos.

4.2.9.3.- EVOLUCIÓN DEL MIPI POR CULTIVOS

Una de las posibilidades que nos da ADOR es la posibilidad de conocer el agua consumida temporalmente por cada parcela, teniendo la posibilidad de analizar esto de manera mensual. Utilizando el índice de calidad de riego mensual (MIPI).

De esta manera en las tablas que aparecen en este punto, se muestra la evolución de este índice en los diferentes cultivos a lo largo de los años de estudio.

La manera de interpretar el MIPI es igual al SIPI, lo que quiere decir, que los valores de riego correcto son los que se encuentran entre 80 y 120. Por ello y por el tipo de gráfica realizada se han colocado dos líneas paralelas indicando la zona de riego correcto.

El cultivo de la alfalfa se riega casi de manera correcta en los meses de mayo y junio. Entre los meses de julio y septiembre se regó en exceso, como en el mes de marzo. Solo en el mes de abril se produjo un déficit de riego en los años 2002 y 2003 y un riego correcto en el mismo mes en el año 2004.

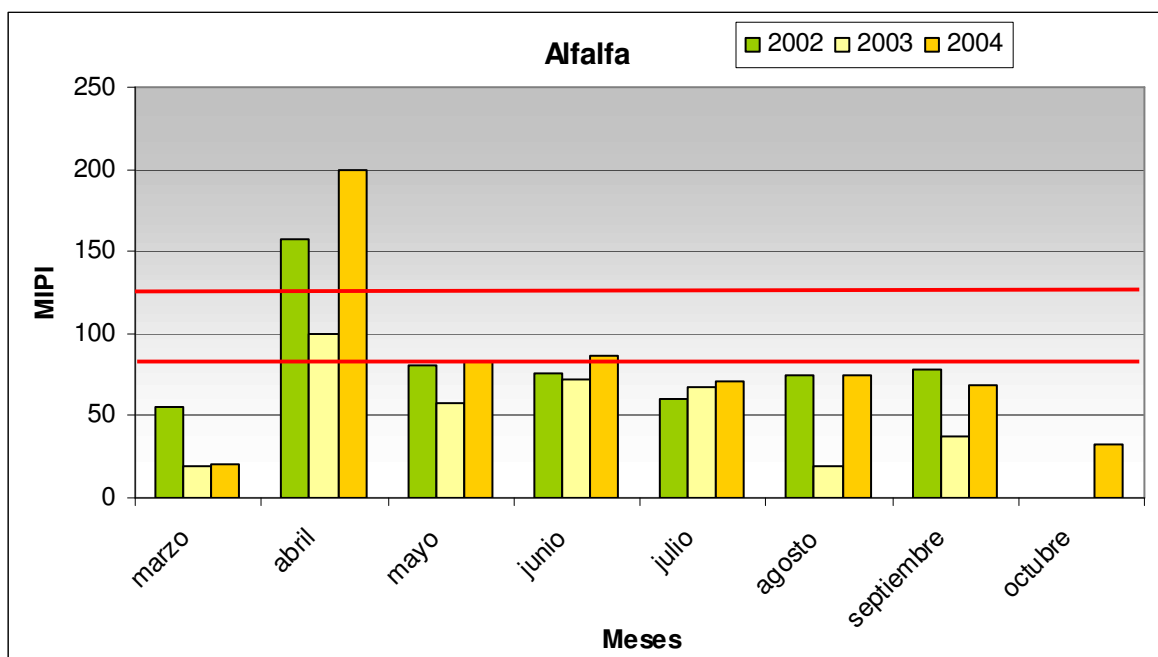


Figura 4.28. Evolución del MIPI del cultivo de alfalfa.

En el cultivo del arroz se ven unas variabilidades acentuadas en los meses centrales del desarrollo del cultivo, existiendo en el 2002 un riego correcto y algo deficitario. Sin embargo en estos mismos meses en los años 2003 y 2004 tuvo un exceso de riego. Siendo esto constante en el mes de septiembre en los tres años de estudio.

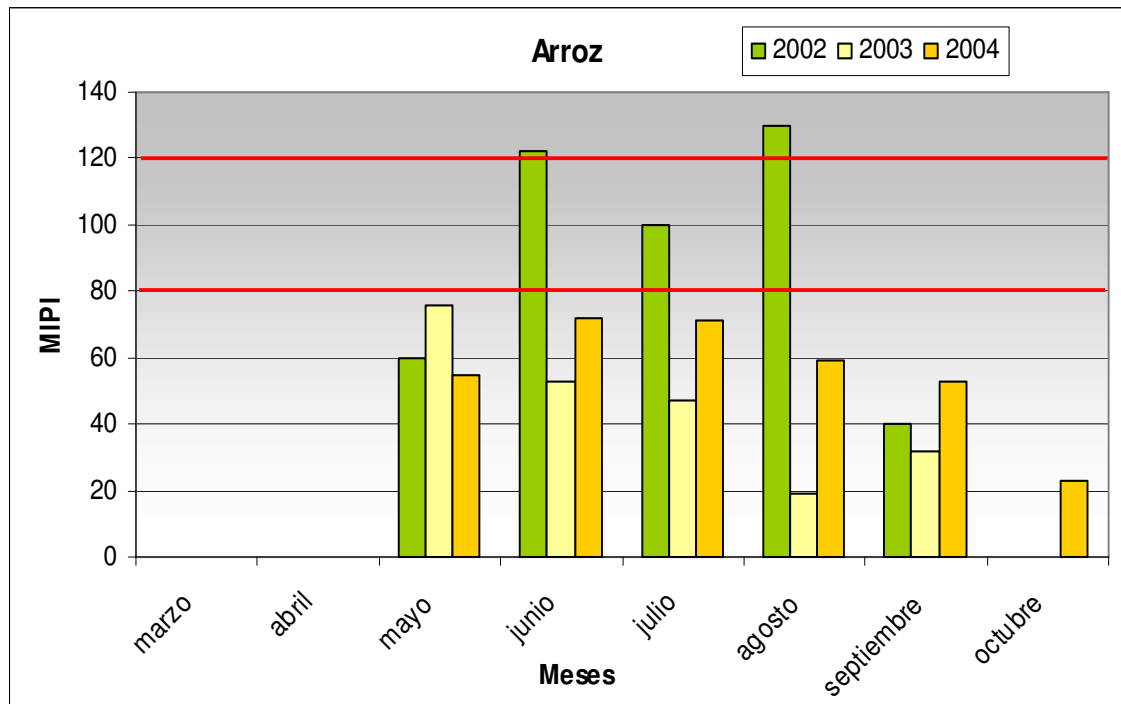


Figura 4.29. Evolución del MIPI del cultivo de arroz.

En el cultivo del maíz se ve en la gráfica mensual que se mantiene la tendencia en los meses de junio y julio siendo esta de sobrerriego. Por otro lado en el mes de agosto existe variabilidad entre los años 2002 y 2004 que se mantienen iguales en sus valores de MIPI indicando estos un riego correcto y el año 2003 en el cual tuvo un exceso de riego. En el último mes de desarrollo del cultivo en el cual es necesario el aporte del agua, en los años 2002 y 2003 se dan valores de riego correcto, pero en el año 2004 estos valores indican un riego deficitario.

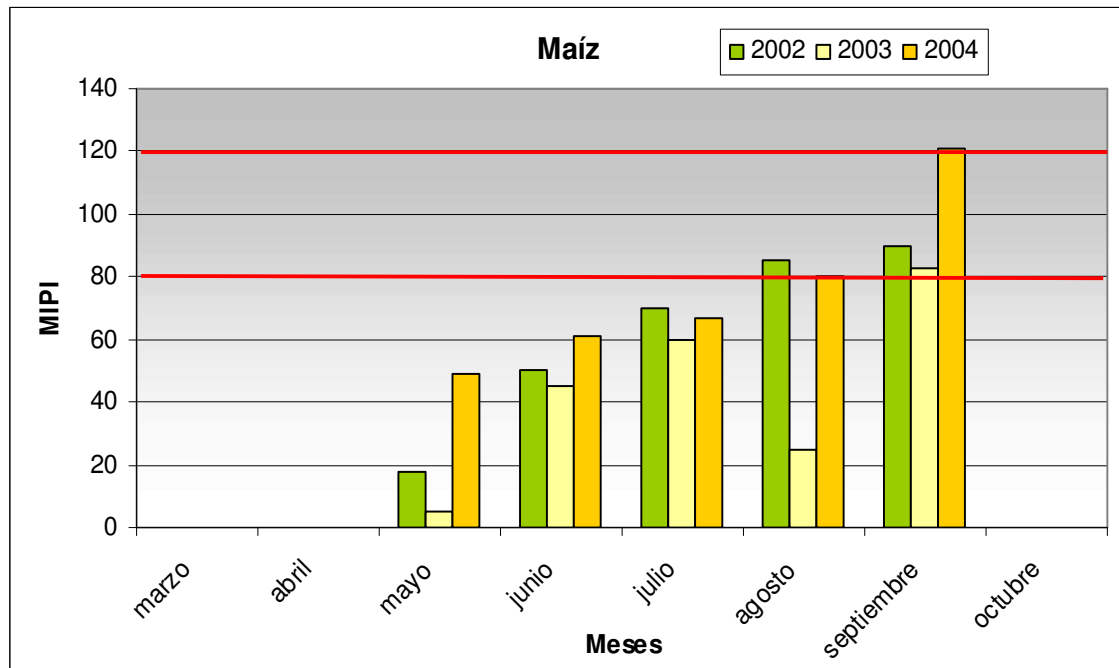


Figura 4.30. Evolución del MIPI del cultivo de maíz.

El cultivo del girasol en los dos primeros meses de desarrollo sufre un exceso acusado de riego, exceptuando el mes de junio del año 2004 en el cual se dan valores de riego correcto. El mes de julio en el año 2003 sufre un déficit de riego pero en los dos años siguientes del estudio se dan valores correctos de riego. En el penúltimo mes de necesidades hídricas del cultivo existen unos valores muy dispares, pasando de un déficit de riego extremo en el 2003, justo al otro extremo en el año 2003. En el 2004 también existe un déficit de riego pero no es tan acusado como el anterior.

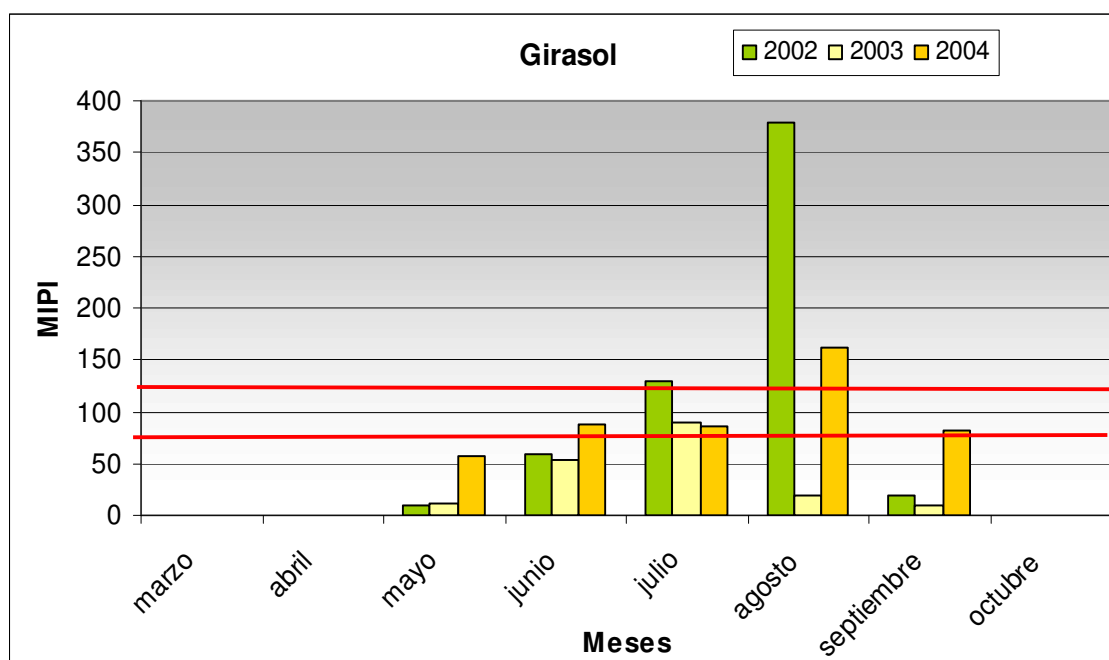


Figura 4.31. Evolución del MIPI del cultivo de girasol.

En el cultivo de la cebada la tónica es la existencia de un déficit de riego constante en los meses de desarrollo del cultivo, exceptuando en el mes de marzo del año 2004 el cual tuvo un sobrerriego, así como el mes de mayo del año 2003 y 2004.

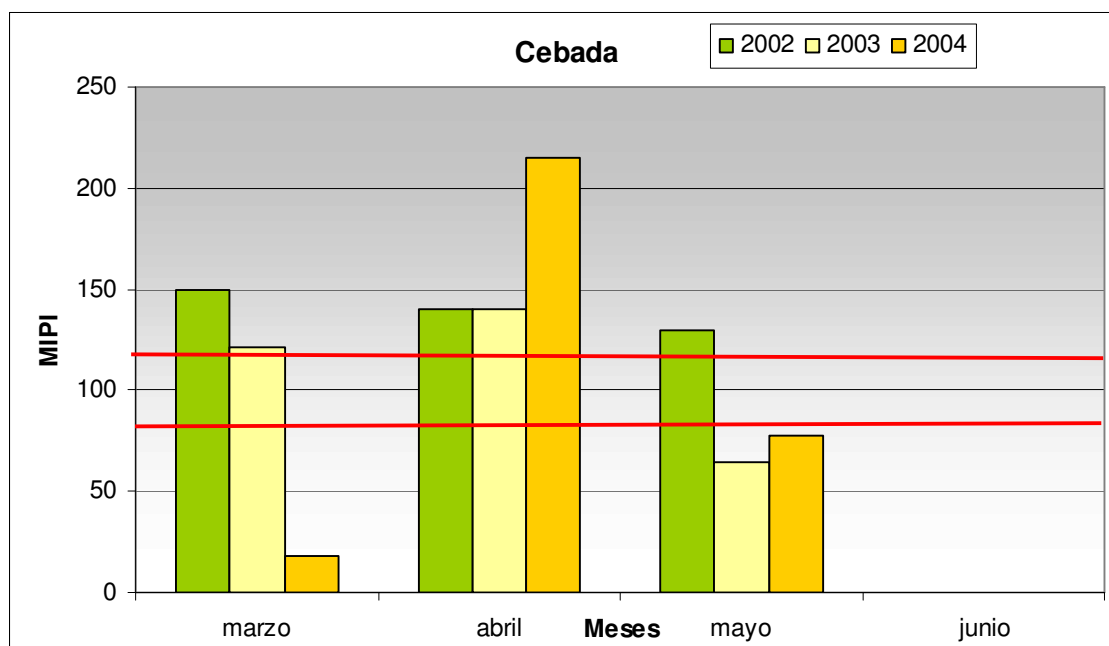


Figura 4.32. Evolución del MIPI del cultivo de cebada.

En el cultivo del trigo blando en el año 2002 se dan valores correctos de riego en los meses centrales del cultivo y valores que indican un déficit de riego en los meses de marzo y junio. Por otro lado en el año 2003 solo se dan valores correctos de riego en el mes de abril y el resto de los meses se dan valores de exceso de riego. En el año 2004 es en el que más variabilidad tenemos, ya que en los meses de marzo y junio existe un riego en exceso, más acusado esto en el mes de marzo. El mes de abril se caracteriza por tener un importante déficit de riego. Por último en el mes de mayo al igual que en el 2002 se da un riego correcto.

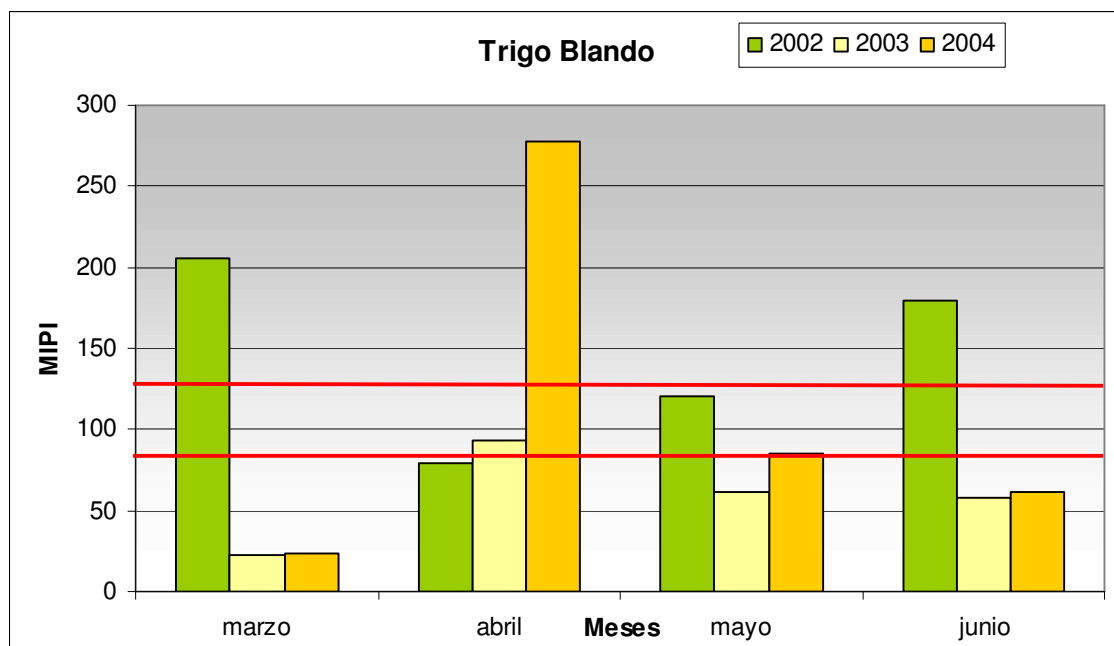


Figura 4.33. Evolución del MIPI del cultivo de trigo blando.

4.2.9.4.-EVOLUCIÓN DEL SIPI SEGÚN TAMAÑO DE PARCELAS

Como se observa en la tabla que a continuación se muestra acerca del SIPI relacionado con el tamaño de las parcelas, en el año 2002 conforme aumenta el tamaño de la parcela se acerca el valor del SIPI a 100. Dato que no se refleja en el año 2002, por otro lado en el 2004 se ve la misma tendencia que en el 2002 aunque no de manera tan acusada, al igual que el 2003.

Destacar que con los valores obtenidos en esta tabla se ve que todas las parcelas han tenido riego en exceso, excepto aquellas que en el 2002 tenían superficies mayores

de 10 hectáreas. Destacar que en el 2004 todas las parcelas mayores a 2 ha se riegan en exceso aunque muy próximas al riego correcto.

Tramo de superficie (ha)	SIPI MEDIO		
	2002	2003	2004
$0 \leq 2$	62	42	45
$>2 \leq 5$	67	59	72
$>5 < 10$	79	64	78
≥ 10	89	76	78

Tabla 4.18. Evolución del SIPI medio según intervalos de superficie.

Después de ver la variación del SIPI medio según el tamaño de parcela se han estudiado para las parcelas de más de 10 ha, puesto que eran las que mejores valores tenían. El SIPI medio de las parcelas mayores de 10ha se observa en la tabla siguiente, en la cual también se muestran los diferentes intervalos del SIPI en los años de estudio. Se ve como aún teniendo mejor SIPI medio el año 2002, ya que esta dentro de los valores de riego correcto, su distribución en los intervalos nos muestra que el porcentaje de superficie que se riega de manera correcta es solo del 9 %.

Por otro lado en el año 2003, teniendo un valor del SIPI medio casi dentro del riego normal (76), el reparto de superficie en los diferentes intervalos nos muestra que casi el 30 % de la superficie regada mayor de 10 ha se hace de forma correcta.

En el año 2004 refleja que es el mas homogéneo de los tres, ya que tiene un SIPI medio cercano a 80 (riego correcto) y el reparto de los intervalos de SIPI dan valores de tal manera que el 32 % se riega en exceso, el 24 % se riega de manera correcta y casi un 44 % tiene escasez de agua.

Parcelas > 10 ha			
SIPI	2002 (% ha)	2003 (% ha)	2004 (% ha)
<80	38,3	43,1	32,1
80-120	8,7	29,7	24,1
>120	53	27,2	43,8
SIPI MEDIO	88	76	78

Tabla 4.19. Evolución del porcentaje de superficie regada en los diferentes intervalos de SIPI para parcelas mayores de 10 ha y SIPI medio.

4.2.9.5.-EVOLUCIÓN DEL SIPI POR CULTIVO SEGÚN UNIDADES DE GESTIÓN

Para el estudio de las unidades de gestión se ha partido de la obtención de los datos de las unidades de gestión que fueran significativas, lo que esto supone que rieguen una superficie superior a 150 ha, por lo que entonces se han cogido los datos pertenecientes a las unidades de gestión A-8-4, A-8-10, A-8-12, A-8-20, A-8-Gemela Derecha y por último A-8-Gemela Izquierda. En el año 2003 la unidad de gestión A-8-Gemela Derecha no llegó a la cifra de 150 ha regadas, pero se ha contado con ella igualmente para poder seguir su evolución en el periodo de estudio.

El valor del SIPI medio, viene en parte determinado por las características edáficas así como por el caudal y la gestión del agua mediante las acequias. Controlando la gestión del agua mediante el programa ADOR, podemos obtener datos de relevancia para el estudio.

En el cultivo de la alfalfa (Tabla 4.20.), existen diferencias apreciables según las diferentes unidades de gestión en cuanto a volumen aplicado por hectárea y SIPI medio. Variando entre valores de entre 40 y 60 de SIPI en la Gemela Izquierda y Derecha hasta valores de entre 89 y 100 en la A-8-4. Estos valores reflejan de manera correcta la relación existente con la profundidad de los suelos, relacionada directamente con la capacidad de retención de agua disponible.

De esta manera en los suelos con menor profundidad, como son los suelos de sasos, regados por las dos gemelas, tienen un mayor aporte de agua, dando valores de SIPI medio bajos.

Alfalfa	2002 (m³/ha)	SIPI(%) 2002	2003 (m³/ha)	SIPI(%) 2003	2004 (m³/ha)	SIPI(%) 2004
A-8-4	6517	89	6651	95	7325	106
A-8-10	7643	76	7765	81	6322	123
A-8-12	8672	67	11927	54	10121	77
Gemela-Dcha	11957	49	13013	48	12294	64
Gemela-Izda	13343	44	12266	51	12552	62

Tabla 4.20. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de alfalfa según unidad de gestión.

En el cultivo del arroz en el año 2002 también se ven diferencias importantes según las unidades de gestión, por otro lado en los dos años siguientes no existen diferencias tan grandes. Las diferencias en estos años el menor dato de SIPI medio se da en la A-8-4. La mitad de la superficie regada de arroz en la A-8-4 se da en suelos cuya profundidad máxima no supera los 40 cm y en parcelas de tamaños no muy grandes, lo que hace que los volúmenes medios sean más elevados haciendo que el SIPI medio sea muy bajo.

En la Gemela Izquierda no se da el cultivo del arroz en ninguno de los años de estudio.

Arroz	2002 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2002	2003 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2003	2004 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2004
A-8-4	19796	34	30163	23	19785	43
A-8-10	11551	58	13388	51	13571	63
A-8-12	7832	86	15842	43	13888	62
Gemela-Dcha	18133	37	16643	41	13513	63
Gemela-Izda	0	0	0	0	0	0

Tabla 4.21. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de arroz según unidad de gestión.

El cultivo de cebada muestra valores muy dispares a lo largo de los años de estudio, así en el 2002 los valores de SIPI medio estuvieron por encima de 120 en las tres unidades de gestión con mayor importancia y las gemelas tienen valores por debajo de 70. En los años sucesivos los valores de SIPI medio están muy por debajo de los valores de riego correcto.

Cebada	2002 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2002	2003 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2003	2004 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2004
A-8-4	2019	144	3989	12	3837	41
A-8-10	1500	194	8485	5	8882	18
A-8-12	1396	209	3661	13	8186	19
Gemela-Dcha	4236	69	13635	3	8243	19
Gemela-Izda	4461	65	11268	4	5631	28

Tabla 4.22. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de cebada según unidad de gestión.

Los datos de SIPI medio en relación al cultivo del girasol, en la A-8-4 se mantienen constantes a lo largo de los tres años. Estando estos valores dentro del rango del riego correcto. En las unidades de gestión A-8-10 y A-8-12 en los años 2002 y 2004, los valores de SIPI medio están dentro del riego correcto. Sin embargo en el año 2003 existe un exceso de riego.

Girasol	2002 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2002	2003 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2003	2004 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2004
A-8-4	3415	120	3158	125	4505	119
A-8-10	4643	88	22799	17	5934	91
A-8-12	3377	121	8245	48	4921	109
Gemela-Dcha	7019	58	1454	273	0	0
Gemela-Izda	6278	65	0	0	3600	149

Tabla 4.23. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de girasol según unidad de gestión.

En el caso del maíz en todas las unidades de gestión, durante los tres años existe riego en exceso, exceptuando el riego en la A-8-10 durante el 2004. Los datos de SIPI medio están en concordancia con las profundidades máximas de suelo alcanzadas en el muestreo, ya que en las zonas de las gemelas que es donde existen los suelos con menor profundidad (sasos) y con gran infiltración se reflejan los datos de SIPI más bajos.

Maíz	2002 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2002	2003 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2003	2004 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2004
A-8-4	6889	66	6911	67	8533	73
A-8-10	7892	58	7333	63	7754	81
A-8-12	9978	46	13777	34	12445	50
Gemela-Dcha	13409	34	18378	25	16020	39
Gemela-Izda	11692	39	9178	50	16069	39

Tabla 4.24. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de maíz según unidad de gestión.

En lo que respecta al trigo blando en el transcurso de los años existe una alta variabilidad de resultados, resultando riegos correctos en el año 2002 en la gemela izquierda, en el año 2003 en todas las unidades se riega en exceso y en el año 2004 se regó de manera correcta en la A-8-4 y en la gemela derecha.

Trigo Blando	2002 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2002	2003 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2003	2004 (m ³ /ha)	SIPI(%) 2004
A-8-4	2807	125	2071	75	2817	95
A-8-10	2405	146	6227	25	6762	40
A-8-12	6860	51	2276	68	5518	49
Gemela-Dcha	0	0	9604	16	2497	107
Gemela-Izda	3603	98	4805	32	7543	36

Tabla 4.25. Evolución de consumo por metro cúbico, hectárea-año y SIPI medio de trigo blando según unidad de gestión.

4.3.- COMPARACIÓN DEL USO DEL AGUA TRAS LA MODERNIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO

4.3.1.- VARIACIÓN DEL INDICE ESTACIONAL DUARANTE LOS AÑOS 2002, 2003, 2004 y, 2006. SEGÚN USO DE INFRAESTRUCTURAS (ACEQUIAS, TUBERIAS)

Esta comparación ha sido posible gracias a la existencia de datos de los contadores tomados a final de año 2006, tomados por los técnicos de la comunidad de regantes. Así de esta manera se ha realizado el análisis estacional de calidad de riego para las mismas parcelas una vez que se regaban por las acequias en los años 2002, 2003 y 2004 y cuando cambiaron de sistema de conducción y gestión del agua a través de las nuevas tuberías de riego a presión en el año 2006.

El cambio fundamental que existe, es la disponibilidad de agua en la parcela, puesto que en el año 2006, los usuarios que regaban por la nueva red de tuberías no tenían que hacer pedido de agua, sino que la usaban cuando la creían necesaria. No se pierde agua en el transporte por acequia, y toda el agua que es aportada a la parcela es la que aparece en el contador del hidrante.

Así a modo de ejemplo las parcelas con superficies de entre media y una hectárea, que con la red de acequias pedían volúmenes de entre 1.000 y 3.000 m³, según el recorrido de la acequia fuera más o menos largo. Con la red de tuberías estas mismas parcelas tienen unos consumos por riego entre 600 y 1.000 m³, por el que el ahorro de agua así como la eficacia de esta es importante.

4.3.2.-EVOLUCIÓN DEL SIPI MEDIO (2002, 2003, 2004 Y 2006)

El SIPI medio para las parcelas regadas en estos años de estudio mediante los dos sistemas de riego, nos indica que durante los años de estudio regados mediante acequias, los SIPIS obtenidos nos muestran que se regó algo de más. Sin embargo en el año 2006, que se regó por las nuevas infraestructuras se observa una mejoría en el SIPI ya que se obtiene un valor próximo a 100.

En la tabla siguiente se observa como el total de hectáreas regadas, disminuyo entre 2002 y 2003. En el 2004 aumento algo la superficie regada y en 2006 es donde se alcanza el máximo que fueron 1.728 ha. Por lo que respecta a los cultivos representativos, esto es, aquellos de los que se obtiene el SIPI, mantienen más o menos la misma diferencia a lo largo de los años de estudio con respecto de la superficie total regada. Exceptuando el año 2003 donde la diferencia de superficie de cultivos representativos frente a la superficie total regada era de casi 350 ha. En consecuencia el volumen total consumido a lo largo de cada uno de los años aumenta de manera correlativa a la superficie regada.

	2002	2003	2004	2006
SIPI medio	77	62	76	96
Vol.Tot.Consumo (m³)	8.368.568	4.666.024	7.158.680	9.522.870
Superf.ha.-Modern. (ha)	1187,27	696,60	912,02	1451,63
Vol.Tot.Conc. (m³)	9.536.915	7.650.947	9.733.138	10.599.909
Superf.ha.-Regadas. (ha)	1399,45	1046,04	1162,13	1728,29

Tabla 4.26. SIPI medio de las parcelas con riego de diferentes sistemas.

4.3.3.-EVOLUCIÓN DEL SIPI MEDIO POR CULTIVOS (2002, 2003, 2004 Y 2006)

En la tabla siguiente se muestra la superficie regada según los cultivos presentes así como la superficie que no tuvo ningún cultivo.

Es considerable el aumento de superficie en el cultivo del maíz y el trigo blando, este fue casi del doble y la alfalfa también subió en número de hectáreas aunque no fue tan acusado el aumento.

	2002	2003	2004	2006
Cultivo	total ha	total ha	total ha	total ha
Alfalfa	452,45	233,68	317,4	469,28
Arroz	248,46	86,87	165,46	232,67
Cebada	175,74	150,14	91,93	102,31
Girasol	35,07	20,83	29,79	43,45
Maíz	183,85	126,98	207,74	431,15
Trigo Blando	91,72	78,09	99,7	172,76

Otros Cultivos	94,34	120,22	159,60	276,66
No cultivo	117,84	229,22	90,51	-

Tabla 4.27. Superficie en hectáreas y por cultivos utilizados para el SIPI.

El cultivo de alfalfa, tanto en la media de los tres años como en el año 2006, se encuentra dentro del rango de riego correcto, obteniendo valores de 91 y 110 respectivamente.

El arroz pasa de estar regado en exceso en la media de los tres años a ser regado de manera correcta en el año 2006. Esto se ve reflejado en los valores del índice estacional que pasaron de 55 en 2002, 2003 y 2004 a 80 en el 2006.

El cultivo de la cebada es el que tiene unos datos mayores de SIPI. El valor medio de los tres años de riego por acequias es de 85. Por otro lado en el año 2006, la cebada tuvo un defecto de riego, como así lo indica el dato del SIPI 141.

El cultivo del girasol pasa de un riego escaso (169) en la media de los años 2002, 2003 y 2004, a un riego correcto en el 2006 (119).

El cultivo del maíz pasó de un exceso de riego a tener valores de riego correcto en el año 2006. Esta mejoría se debe en gran parte a que el 100 % de la superficie regada lo hizo en parcelas con cobertura total o pivots, ninguna parcelas dedicada a maíz se regó mediante inundación a través de las tuberías.

El trigo blando obtuvo casi los mismos valores de SIPI en los años de riego por acequias, que en el año de riego por las nuevas infraestructuras.

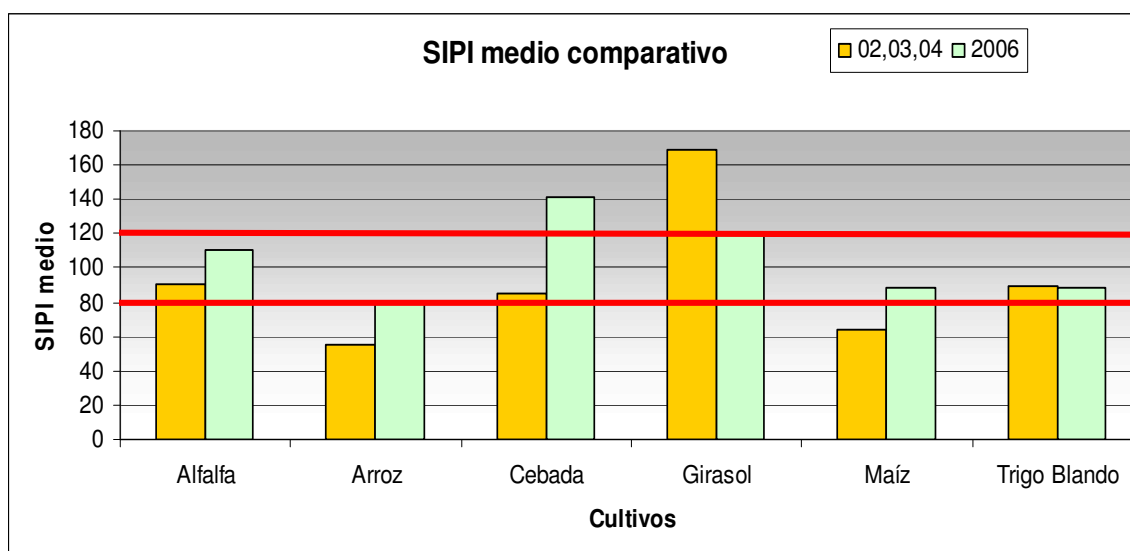


Figura 4.34. Evolución del SIPI medio por cultivos según sistema de transporte.

4.3.4.-EVOLUCIÓN DEL SIPI POR INTERVALOS Y POR CULTIVOS (2002, 2003, 2004 Y 2006)

En la evolución del SIPI según cultivos, hemos diferenciado los intervalos según el porcentaje de superficie en cada uno de los intervalos de riego, estos son los mismos que los indicados en apartados anteriores.

Como se observa en la tabla siguiente el rango existente entre los años 2002 y 2004 es muy variable para cada uno de los cultivos. También se ve como los porcentajes de superficie, cuando el SIPI es menor de 80 y mayor de 120, disminuyen de forma general en el año 2006 y sin embargo en el intervalo de SIPI de entre 80 y 120 el porcentaje de hectáreas que aparecen es superior a los existentes entre el 2002 y 2004.

Cultivo	%ha SIPI<80		%ha SIPI 80 a 120		%ha SIPI>120	
	2002-2004	2006	2002-2004	2006	2002-2004	2006
Alfalfa	13-43	4	26-34	67	31-53	29
Arroz	52-69	25	4-19	68	27-34	0
Cebada	6-59	18	7-8	16	33-87	66
Girasol	0-20	0	2-38	100	62-100	0
Maíz	35-88	20	7-46	67	5-32	12
Trigo Blando	21-47	51	16	32	53-64	17

Tabla 4.28. Porcentaje de superficie regada según intervalos del SIPI en los años de estudio.

En la figura siguiente se representa el valor medio en porcentaje de superficie para el intervalo de 80 a 120, indicando el riego correcto en los años 2002, 2003 y 2004, frente al SIPI medio del año 2006.

Se observa un importante aumento en el porcentaje de superficie regada de manera correcta en todos los cultivos estudiados. De manera principal en el cultivo del girasol que se paso a regar de manera correcta el 100 % de la superficie de este cultivo. Muy importante es la variación también en el cultivo del arroz, que pasa de un porcentaje del 9 % de superficie regada de manera correcta a un 68 % en el año 2006.

Cabe reseñar que en todos los cultivos representativos de la zona de estudio se aumento como poco en el doble de superficie regada de manera correcta, esto ocurrió en el cultivo del trigo blando.

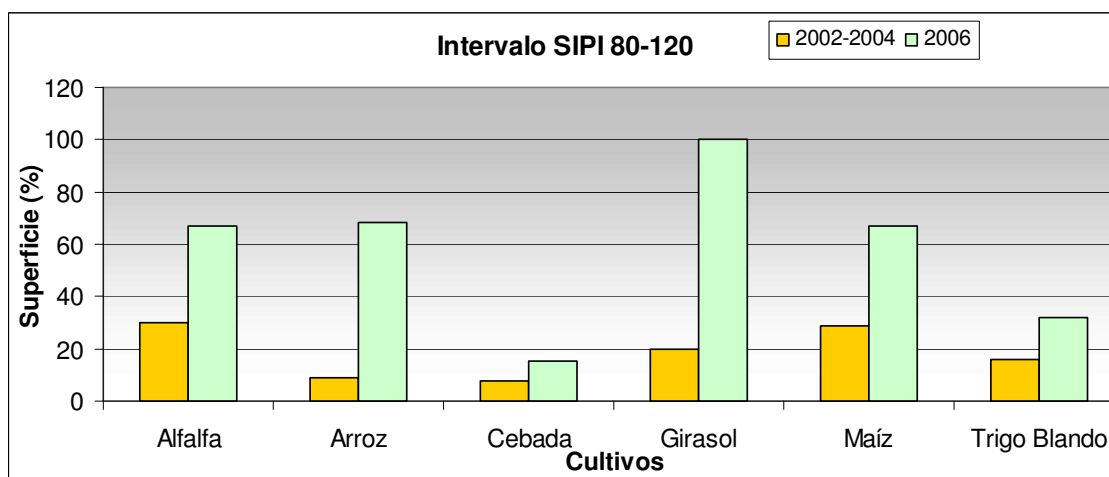


Figura 4.35. Porcentaje de superficie por cultivo en el intervalo de SIPI 80-120, según sistema de distribución.

4.3.5.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS

Según la profundidad de los suelos que se han obtenido, en 2002, 5 de los 12 obtenidos han tenido valores de SIPI dentro del riego correcto. Lo que supone que se regaran de manera correcta más de un 75 % de la superficie regada con cultivos

representativos. Esta superficie se repartió de manera desigual ya que los perfiles que obtuvieron valores de riego correcto fueron aquellos con profundidades medias de 40, 52, 84, 98 y 120 cm.

Durante el periodo 2003 no hubo ningún suelo en el que se obtuvieran datos dentro del intervalo de riego correcto.

En el periodo 2004 casi el 70 % de la superficie regada (912 ha) se regó de manera correcta. Pero el 83 % de esta superficie tenía suelos con profundidades superiores o iguales a 113 cm.

Destacar los valores obtenidos en el año 2006, en el cual el 91 % de la superficie regada se hizo de manera correcta y solo el 9 % restante lo hizo fuera del rango del riego correcto. Se puede apreciar en la tabla que muestra los datos anteriormente comentados, como los valores del año 2006 que están fuera del riego correcto, están próximos a valores de 80 de SIPI medio.

Profundidad (cm)	SIPI-02	SIPI-03	SIPI-04	SIPI-06
40	96	46	60	104
50	68	136	124	71
52	85	58	98	105
54	40	48	54	99
59	41	40	41	118
74	141	207	84	83
84	81	69	124	105
98	90		44	94
100	37	41	49	68
103	74	53	79	75
113	311	72	86	94
120	81	76	85	95

Tabla 4.29. Relación SIPI-Profundidad para los diferentes sistemas de riego.

Se puede observar de modo general que en el año 2006, debido al sistema de riego utilizado, los valores se acercan mucho al riego correcto, haciendo que no sea un factor limitante la profundidad del suelo.

4.3.6.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA PEDREGOSIDAD DE LOS SUELOS

Los datos del SIPI medio en función de las diferentes pedregosidades según el uso de infraestructuras utilizadas para el riego, se observa como en los años 2002, 2003 y 2004 se obtienen valores de riego correcto en suelos con muy diferentes valores de pedregosidad, estos valores van desde el mínimo al máximo valor.

En el año 2002 la superficie que se regó de manera correcta corresponde a más de un 38 % , en el año 2003 este porcentaje descendió hasta el 23 %. En el año 2004 esta superficie llegó hasta el 25 %. Durante el año 2006, regadas las parcelas por la nueva red de tuberías, se alcanzó más de un 83 % de la superficie que se regó de manera correcta.

De todo lo comentado anteriormente se muestra a continuación la tabla con los datos necesarios para su entendimiento.

Pedregosidad (%)	SIPI-02	SIPI-03	SIPI-04	SIPI-06
0	101	86	131	96
1,29	37	41	49	68
1,74	-	72	86	94
2	80	132	83	102
2,61	76	65	75	60
3,48	138	-	101	
3,78	90	-	44	94
4,36	85	58	98	105
6,43	70	39	-	194
7,1	64	58	52	80
7,99	79	104	75	106
8,27	-		108	81
8,32	111	95	123	109
10,71	82	69	124	105
11,22	180	108	66	159
11,91	45	22	39	175
12,79	92	79	65	96
13,26	112	-	161	93
14,88	72		95	131
17,87	41	56	41	118
19,58	69	50	90	83
25,53	62		56	91
28,46	141	-	84	83

Tabla 4.30. Relación SIPI-Pedregosidad para los diferentes sistemas de riego.

4.3.7.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA CRAD DE LOS SUELOS

Los datos del SIPI medio según valores de la CRAD, tienen una variabilidad importante en los tres años de estudio de riego por acequias como se muestra en la tabla siguiente (tabla 4.33).

CRAD (mm)	SIPI-02	SIPI-03	SIPI-04	SIPI-06
39	92	79	65	96
55	68	136	124	71
60	41	70	41	118
74	40	48	54	99
75	45	22	39	175
89	142	-	84	83
94	72		95	131
95	180	108	66	159
111	85	58	98	105
117	82	69	124	105
125	-	82	-	111
126	37	41	49	68
129	83	135	83	106
138	62	55	56	91
141	69	50	90	83
144	112	-	161	93
146	90	-	44	94
149	68	91	130	96
156	-	72	86	94
159	76	65	75	60
164	64	45	114	84
175	138	-	102	
179	-		108	81
182	62	46	79	-
197	-	70	-	194
201	70	39	102	144
202	65	58	52	84
209	79	104	75	106
212	111	95	123	109

Tabla 4.31. Relación SIPI-CRAD para los diferentes sistemas de riego.

En el año 2002 casi una cuarta parte de la superficie regada se hacía de manera correcta, repartiéndose esta en suelos con valores de CRAD de 39, 111, 117, 129, 144, 146 y 212 mm respectivamente.

Por otro lado en el año 2003 el número de hectáreas en las que se dio el riego correcto, fueron menores a las del año anterior, en este año el porcentaje de superficie descendió hasta el 12 %. El resto de la superficie sufre de un exceso de riego, exceptuando dos suelos cuya CRAD son de 55 y 129 mm respectivamente, en los cuales las parcelas pertenecientes a estos valores de CRAD tienen valores de SIPI medio por encima de 130.

En el año 2004 el 29 % de la superficie regada en este año, se hizo de manera correcta. Al igual que en el año anterior los SIPIS con valores de riego correcto se dieron a partir de valores de CRAD de 89 mm hasta valores de 201. En este año aumenta con respecto al año anterior, el porcentaje de hectáreas regadas con defecto, en este año el porcentaje es casi del 12 %.

En el año 2006, los datos de SIPI reflejan que casi un 83 % de la superficie regada en este año por la nueva infraestructura de riego, se hizo de manera correcta. Destacando la aparición de riegos correctos en suelos donde los valores de la CRAD están por debajo de 89 mm. Es importante resaltar que del total de parcelas regadas en el intervalo de valores de SIPI de 80 a 120, más del 44 % lo hacen dentro de un intervalo de 90 a 110.

Estos valores nos hacen ver lo importante que es en este caso la distribución del agua hasta parcela, ya que se mejoran de manera notable los índices de calidad de riego, sin tener en cuenta los valores de CRAD de cada uno de los diferentes suelos.

Lo visto hasta ahora en los puntos 4.3.5, 4.3.6 y 4.3.7 se puede ver desvirtuado de cierta manera, ya que para la obtención de estos datos, se han utilizado todas las parcelas que fueron regadas con la nueva infraestructura en el año 2006, tanto en el 2002, 2003 y 2004. Todo esto nos lleva a conseguir datos medios que pueden ser correctos pero, estos datos se pueden ver compensados, puesto que para unos cultivos salen valores altos y para otros salen valores bajos de SIPI.

Dado que los datos de la CRAD están en función de la profundidad del suelo así como el porcentaje de pedregosidad, el siguiente estudio que se realiza, es la comparación de los cultivos de verano entre los años 2006 y los años 2002, 2003 y 2004

en función de la relación SIPI-CRAD. Todo esto se hace para intentar corroborar los datos que han salido de manera media anteriormente.

4.3.8.-COMPARACIÓN DEL SIPI MEDIO POR CULTIVO EN 2006 CON LOS AÑOS DE REFERENCIA (02, 03, 04) EN FUNCIÓN DE LA CRAD

4.3.8.1-Alfalfa

En lo que respecta al cultivo de la alfalfa y como se observa en la figura siguiente (Figura 4.XX).

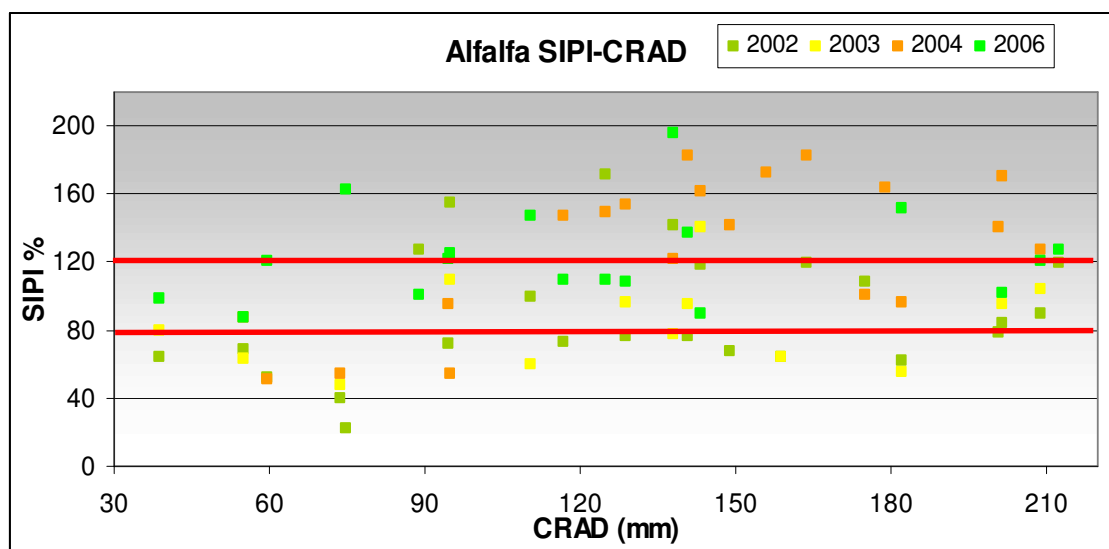


Figura 4.36.-Relación SIPI-CRAD en el cultivo de la alfalfa durante los años 2002, 2003, 2004 y 2006.

Como se observa en el año 2006 no existen valores por debajo de 80 de SIPI, con lo que nos indica que no ha existido sobrerriego en las parcelas que se regaron. Los valores del resto de los años hasta este último de CRAD están bastante dispersos, obteniendo valores de SIPI de entre 22 hasta 196.

En el caso de la alfalfa existieron en el 2006 parcelas de pequeño tamaño que se regaron a pie desde de la toma de reparto del hidrante correspondiente. Un ejemplo de este empleo, es una parcela de 2,15 ha, la cual tuvo un consumo de 15.800 m^3 , dando un valor de SIPI de 108.

A continuación se muestra una tabla en la que se compara la media de los valores de SIPI de los años 2002, 2003 y 2004, con los valores de SIPI de 2006.

CRAD ZONAS	SIPI MEDIO 2002-2004	SIPI-2006
39	72	98
55	73	87
60	52	120
74	47	
75	22	163
89	127	101
94	84	122
95	106	125
111	80	147
117	110	109
125	160	110
126	0	
129	109	108
138	114	196
141	118	137
144	140	90
146	0	
149	104	
156	87	
159	64	
164	151	
175	105	
179	164	
182	71	152
197	0	-
201	109	-
202	116	102
209	107	120
212	119	127

Tabla 4.32.-Relación SIPI medio-CRAD en el cultivo de la alfalfa entre 2002 al 2004 y 2006.

En la tabla anterior se observa que los valores de SIPI medio de los tres años, no son de riego correcto hasta que se llega a valores de capacidad de retención de agua de 94 mm, por otro lado en el año 2006 estos se alcanzan ya desde valores de CRAD de 39 mm, lo que indica la importancia en el servicio del agua, puesto que con las nuevas infraestructuras no se pierde agua en el transporte, como ocurre al regar por las acequias.

Se observa en el año 2006 un número importante de suelos con diferentes valores de CRAD, que van desde 146 a 179 mm, en los que no existe cultivo de alfalfa,

teniendo estos suelos en los años anteriores dicho cultivo y obteniendo en algunos de ellos riegos correctos.

Del total de hectáreas de alfalfa en el año 2006, más de un 67 % de estas se regaron de manera correcta. Mientras en los años 2002, 2003 y 2004 solo se regó de manera correcta el 30 % de la superficie.

4.3.8.2-Arroz

El cultivo del arroz, se puede destacar la estacionalidad espacial en la comunidad de regantes, ya que con el paso del tiempo se mantiene prácticamente constante los suelos utilizados para este cultivo. Suelos cuya capacidad de retención de agua esta siempre por encima de valores de 126 mm.

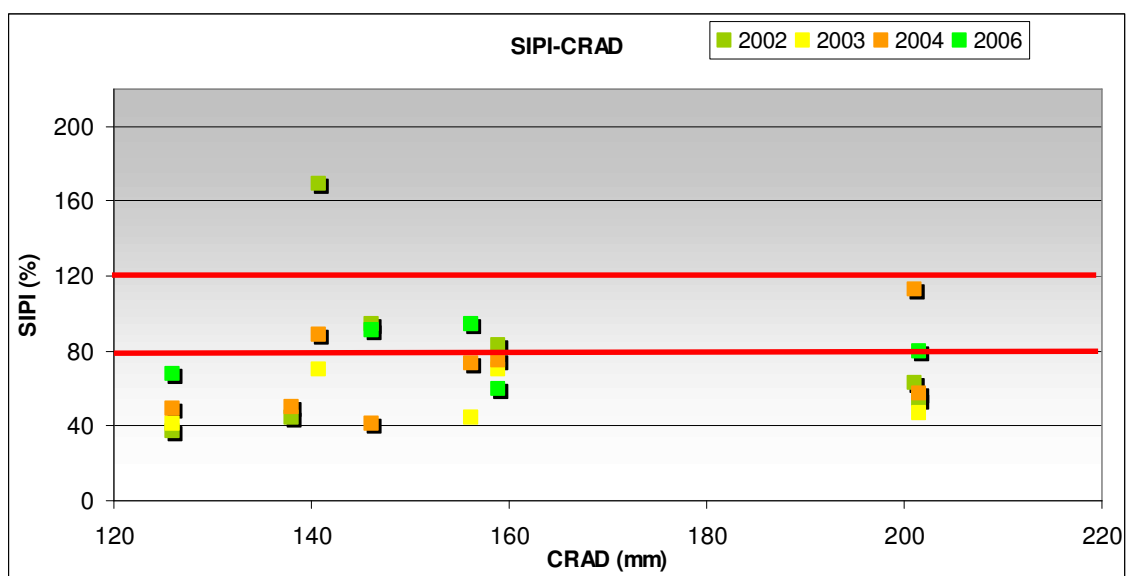


Figura 4.37.-Relación SIPI-CRAD en el cultivo del arroz durante los años 2002, 2003, 2004 y 2006.

Durante los tres primeros años de estudio (02, 03, 04), se observa como los datos de SIPI tienen bastante variabilidad. En estos tres años solo se obtienen valores de riego correcto en tres de los 18 valores de CRAD en los cuales existe el cultivo del arroz. Durante estos tres años el porcentaje de superficie regada de manera correcta fue aumentando, los dos primeros se mantuvieron en un escaso 4 % y en 2004 este aumentó hasta el 19 %

Por otro lado en el año 2006 del total de superficie regada de arroz por medio de las nuevas infraestructuras (233 ha), se regaron de forma correcta 159 ha, lo que supone más de un 68 % de la superficie. De esta manera se observa lo importante que es el sistema de transporte y su eficacia en el reparto, puesto que al no haber perdidas en el transporte, el agua que llega a la finca es utilizada de manera muy eficaz. De esta manera se ve lo importante que es que cada usuario pueda manejar la toma y abrir y cerrar el hidrante a la demanda.

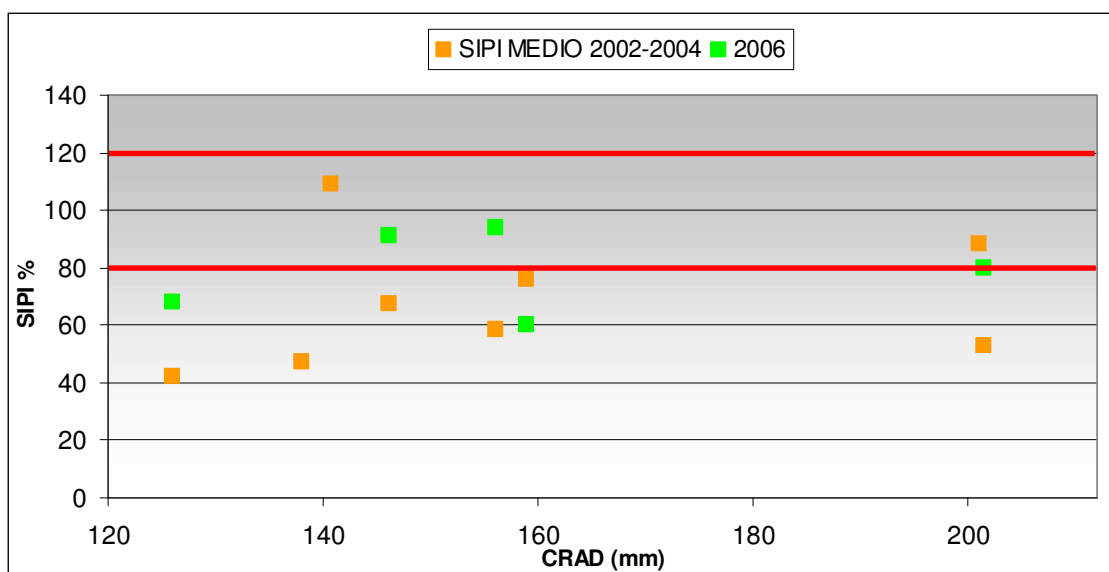


Figura 4.38.-Relación SIPI medio-CRAD en el cultivo del arroz durante los años 2002 al 2004 y 2006.

Al hacer los valores medios de los tres años (2002, 2003 y 2004), frente al 2006, se observa como para suelos con la CRAD por debajo de 160 mm, solo existe un suelo que se riega de manera correcta, obteniendo valores de SIPI por debajo de 60. Sin embargo si nos referimos al año 2006, los valores están entre 80 y 120 exceptuando dos que están por debajo de 80, pero no llegan a bajar de 60.

4.3.8.3.-Maíz

En el año 2002 el cultivo del maíz se regó de manera incorrecta y en todos los casos se hizo por exceso, exceptuando los suelos cuyos valores de CRAD son 117 y 144 mm respectivamente.

En el año 2003 se regaron un total de 127 ha, de las cuales se regaron de manera correcta casi el 46 %, el resto de la superficie de maíz del 2003 se regó en exceso, exceptuando el suelo cuya CRAD era de 89 mm, que tuvo un defecto de riego.

En el año 2004 más de 70 ha se regaron de manera correcta de las 208 ha totales de maíz. Estas hectáreas se repartieron en suelos con valores de CRAD de 39, 55, 117 mm. En el resto de suelos con cultivo de maíz se repartió de manera parecida en cuanto a riego por defecto y riego por exceso.

En el año 2006 el 67 % de la superficie del cultivo del maíz se regó de manera correcta, el resto de la superficie se regó en exceso, aunque la mayoría de estos valores son cercanos a los valores de riego correcto, a excepción de un dato de un contador, cuyo usuario usaba el hidrante propio para el riego de dos cultivos, que en este caso eran el arroz y maíz. Por lo que el dato de SIPI 50 no se puede tener en cuenta en este estudio.

Lo escrito anteriormente queda reflejado en el gráfico siguiente.

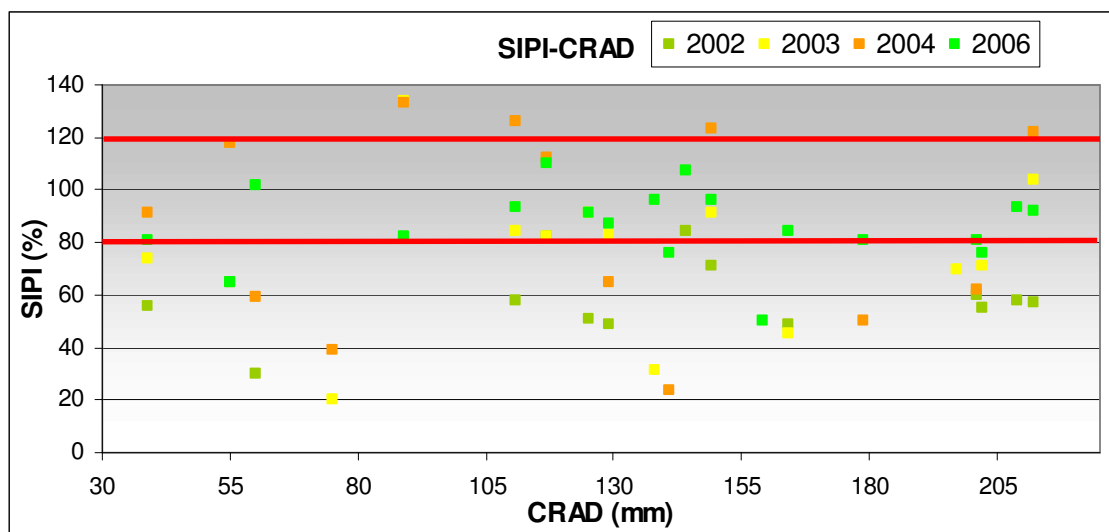


Figura 4.39.-Relación SIPI-CRAD en el cultivo del maíz durante los años 2002, 2003, 2004 y 2006.

Al realizar el SIPI medio de los tres años (2002, 2003 y 2004), se observa que desde los valores de CRAD de 89 mm, en el cual el SIPI era 134, estos empiezan a bajar conforme aumenta la CRAD hasta valores de esta de 141 mm. En los dos siguientes suelos se observan valores de riego correcto. Tras estos valores correctos se acumulan suelos con valores de CRAD cada vez superiores y sin embargo los valores de SIPI medio se mantienen entre valores de 47 y 70 mm, por lo que todos estos suelos se

riegan en exceso.

Sin embargo en el año 2006 los valores de SIPI se mantienen todos entre 80 y 120 indicando un riego correcto. Los suelos que no alcanzan valores de riego correcto, están próximos a estos.

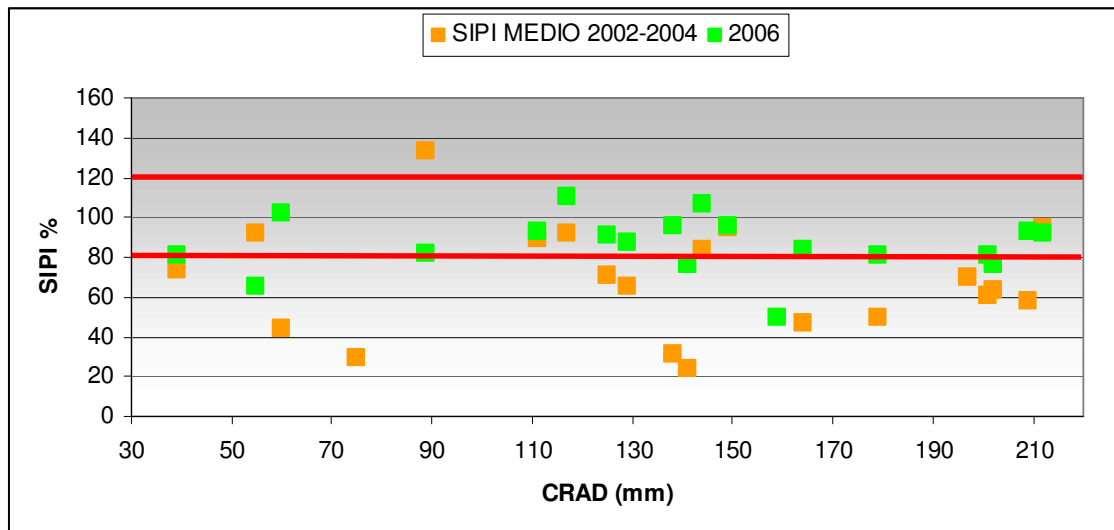


Figura 4.40.-Relación SIPI medio-CRAD en el cultivo del maíz durante los años 2002 al 2004 y 2006.

El total de la superficie regada se hizo mediante cobertura total o sistema de pívot, en este caso no hubo ninguna parcela que se regara a manta por la nueva red de tuberías por pequeña que fuera. Por lo que se puede decir también en este caso, que el riego con la nueva infraestructura y el riego de la parcela mediante sistemas que no es el riego a manta, hace que la capacidad de retención de agua de los suelos no sea un factor limitante a la hora de conseguir un índice de calidad de riego dentro de los valores de riego correcto.

5.- CONCLUSIONES

1.-Los cultivos de verano de esta zona (alfalfa, arroz, maíz y girasol) ocuparon a lo largo de los tres años de estudio más del 69 % de la superficie regada. Destacando de todos ellos el cultivo de la alfalfa, con más de un 38 % en los años 2002 y 2003, y en más de un 34 % de la superficie regada en el 2004. Otros cultivos relevantes en la zona son los cereales de invierno, el trigo blando, que se mantiene durante los tres años en el 7 % de la superficie regada y la cebada, los dos primeros años con un 12 % y en el 2004 hay un pequeño descenso quedándose en el 8 % de la superficie regada.

2.-A lo largo de los años de estudio las diferencias de volúmenes facturados entre la CHE y ADOR, tienen un error entre un 1 y un 4 %, el cual es admisible.

3.-El cultivo con mayor consumo medio de agua tanto en el 2002 como en el 2004 fue el cultivo del chopo y en el 2003 fue el arroz. Sus consumos fueron 12.244 y 22.025 m³/ha para el chopo y 13.618 m³/ha de arroz. Los consumos medios de alfalfa, girasol y maíz, se mantienen a lo largo de los años de estudio para la alfalfa y maíz, siendo estos de entre 7.200 a 8.700 m³/ha. Sin embargo para el cultivo del girasol existe una cierta variabilidad pasando el consumo medio de entre 3.500 m³/ha a 3700 m³/ha en los años 2003 y 2004 respectivamente, a 6900 m³/ha en el año 2003.

4.-El tramo de consumo más frecuente de la alfalfa en el 2002 es el que está entre 4.000-6000 m³/ha, en el 2003 pasó a ser el tramo más frecuente el que está entre 6000-8000 m³/ha, siendo en estos dos años el mismo porcentaje de superficie regada, 27 %. En el 2004 prácticamente los dos tramos de consumos antes citados se reparten en casi igual porcentaje (28 y 24 %).

5.-El cultivo del maíz, concentra su consumo en el 2002 en el intervalo de 6.000- 15.000 m³/ha. Para los años 2003 y 2004 se concentra el consumo de más del 50 % de la superficie regada en el intervalo de 4.000-8.000 m³/ha.

6.-El arroz en los años 2002 y 2003, consumió más de 10.000 m³/ha en más de un 58 % de la superficie regada. Este porcentaje aumentó en el año 2004 hasta llegar casi al 72 %.

7.-Los riegos que se le dan a la cebada suelen ser riegos de apoyo, de ahí que durante los años de estudio, 2002, 2003 y 2004 los porcentajes de superficie que reciben una cantidad no superior a $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ sean, 63, 37 y 36 respectivamente.

8.-En el año 2002, el trigo tuvo un riego de $2.000\text{-}3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ en el 44 % de la superficie regada. En los años sucesivos el mayor porcentaje de superficie regada se reparte en la franja de $1.000\text{-}5.000 \text{ m}^3/\text{ha}$.

9.-El consumo medio de todas las parcelas fue de $7.329 \text{ m}^3/\text{ha}$ en el 2002, $8.373 \text{ m}^3/\text{ha}$ en el 2003 y $8.537 \text{ m}^3/\text{ha}$ en el 2004. Si obtenemos el consumo medio de aquellas parcelas que son mayores de 2ha este consumo medio descende pasando a $7.010 \text{ m}^3/\text{ha}$ en 2002, $7.534 \text{ m}^3/\text{ha}$ en 2003 y $8.073 \text{ m}^3/\text{ha}$ en 2004.

10.-El tramo de consumo más habitual a lo largo de los años varía, de tal manera que en 2002 fue de $2.000\text{-}4.000 \text{ m}^3/\text{ha}$, en 2003 fue de $6.000\text{-}8.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ y en 2004 fue de $4.000\text{-}6.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ en más de un 22 % de la superficie. Resaltar que un 10, 13 y 15 % de la superficie, en los años 2002, 2003 y 2004 respectivamente, tuvieron unos consumos superiores a $15.000 \text{ m}^3/\text{ha}$.

11.-Las unidades de gestión con mayores consumos son las cinco unidades que mayor superficie riegan, estas son, A-8-4, A-8-10, A-8-12, A-8-Gemela-Dcha, A-8-Gemela-Izda.

12.-Los mayores consumos medios, corresponden a lo largo de los tres años a las parcelas regadas por las unidades de gestión A-8-24 y Gemela Dcha, que corresponden a los suelos cuya profundidad media no supera los 60 cm.

13.-Los menores consumos medios, corresponden a las unidades de gestión A-8-15 y A-8-19' con un consumo medio en los tres años de estudio de $4040 \text{ m}^3/\text{ha}$ y $5344 \text{ m}^3/\text{ha}$ respectivamente. La profundidad media de los suelos de la unidad de gestión A-8-15 no son superiores a los 52 cm. Por lo que se puede entender el consumo bajo a los cultivos de dicha zona, como son, la viña, la cebada y el trigo blando. La zona regada por la A-8-19' tiene una profundidad media de los suelos de 120 cm y esta regada por

cobertura total, lo que hace un uso más eficiente del agua, lo que puede hacer que bajen los consumos medios.

14.-El tramo de consumo con mayor número de regantes varía a lo largo de los tres años, así pues, en el 2002 fue el de 10.000-15.000 m³/ha con 636 ha regadas, sin embargo durante 2003 y 2004 este tramo fue el de 4.000-6.000 m³/ha, con 993 y 1230 ha respectivamente.

15.-Los consumos medios son mayores cuanto menor es la cantidad de tierra que se riega por un usuario, siendo lo más desfavorable, el consumo medio de una superficie menor o igual a cinco hectáreas. A medida que aumenta la superficie del regante generalmente disminuye el consumo medio. Esto no se ve reflejado en el tramo que va desde las 30 a las 100 ha. En este tramo hay regantes que cultivan arroz y chopos siendo una causa por la que el consumo medio aumenta.

16.-A nivel medio de la comunidad, el índice de calidad de riego, nos indica que existe un sobrerriego en los tres años de estudio, viéndose este acrecentado en los dos últimos.

17.-Teniendo en cuenta el SIPI, los cultivos que tuvieron riegos deficitarios en los años de estudio fueron la cebada y el girasol. Por otro lado todos los cultivos tuvieron exceso de riego en alguno de los años, destacando la cebada en 2003 y 2004, con valores muy bajos de SIPI.

18.-Destacar como, conforme aumenta el tamaño de las parcelas regadas el valor del SIPI tiende a aproximarse a valores entre 80 y 100 (riego correcto). Esto se ve claramente a partir de valores de parcelas superiores a 5 ha.

19.-Se ve una diferencia notable en los valores de SIPI medio según la infraestructura usada para el riego, estando este próximo a 100 en 2006. En cuanto al SIPI medio por cultivo en los años 2002, 2003 y 2004 según el sistema de riego, existen diferencias en los cultivos representativos de la zona.

20.-El porcentaje de superficie regada, aumento en más del doble en el tramo de riego correcto (SIPI entre 80 y 120) en las parcelas regadas en el 2006 con las nuevas infraestructuras de riego respecto a las mismas parcelas en 2002, 2003 y 2004. Destacando el 100 % de la superficie de girasol, que fue regada de manera correcta frente al 20 % regada de manera correcta con el anterior sistema de riego.

21.-Los datos medios de SIPI obtenidos en función de la profundidad, pedregosidad y CRAD, se observa como en el año 2006, estos valores están en porcentajes muy elevados entre valores de 80 y 120 siendo estos los valores de riego correcto.

22.- Los valores de SIPI de alfalfa, arroz y maíz en relación al CRAD, están en porcentajes similares en el rango de riego correcto. Solo la alfalfa disminuye en estos porcentajes de superficie ligeramente.

23.-La gestión del agua de la comunidad se ha visto respaldada gracias a la nueva infraestructura de riego a presión instalada, así como la existencia de personal técnico cualificado para el desarrollo de esta y el manejo del programa ADOR.

24.-El cambio de mentalidad de parte importante de los usuarios de la comunidad de regantes, transformando las parcelas de riego a pie a riego por aspersión, para conseguir un uso más eficaz del agua en parcela.

Bibliografía:

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56, Rome, Italy. 300 pp.

Cardeña, G., 2004. Aplicación del programa Ador a la gestión del riego por superficie: la Comunidad de reganes La Campaña (Huesca). Proyecto Final de Carrera de Ingeniero Agrónomo. Escola Técnica Superior d'Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida.

Causapé, J. A., 2002. Repercusiones medioambientales de la agricultura sobre los recursos hídricos de la comunidad de regantes nº V de bardenas (Zaragoza). Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

Cavero, J., Beltrán, A., Aragües, R., 2003. Nitrate exported in the drainage water of two sprinkler irrigated watersheds. Journal of Environmental Quality, 32:916-926 pp.

Clemmens, A. J. and dedrick, A. R., 1992. Identifying factors that influence farm water use. In: Conferencia regional panamericana. Mazatlán, Sinaloa, México. 10 pp.

Clemmens, A. J. and Freeman, D.M., 1987. Structuring distribution agencies for irrigation water delivery. In: Planning, operation, rehabilitation and automation of irrigation water delivery systems. Proceeding of the Irrigation Division, ASCE. Portland, Oregon, 72-80 pp.

Cuenca, R.H., 1989. Irrigation system design. An engineering approach. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

Dechmi F., Playán E., Faci J.M. and tejero M., 2003. Analisis of irrigation district in northeastern Spain. I. Characterisation and water use assessment. Agric. Water Manage., 61: 75-92 pp.

Dedrick. A. R., Clyma, W. and Palmer, J. D. 1989. A management improvement

process to effectively change irrigated agriculture. In: Planning for water shortages. Water reallocations and transfers. Drought management. J. Schaack, Wilson, D.S. and Anderson, S.S., (Eds.). Boise, Idaho. 45-58 pp.

Dedrick, A. R., Clyma, W., Tenney, O.L., Clemmens, a.J., Gibson, R. D. Levine, D. B., replege, J.A, rish, S.A., Ware, R.E. and Wilson, P.N., 1993. A demonstration irrigation management improvement program. In: Fifteenth congres, International Commossion on Irrigation and drainage. The Hague, Netherlands. 95-104 pp.

Faci, J. M., Bensaci, A. and playán, E., 2000. A case study for irrigation modernisation: I. Characterisation of the district and analysis of water delivery records. Agric. Wat. Manag., 42 (2000): 313-334 pp.

Isidoro, D., 1999. Balance de nitrógeno y emisión de sales en la zona regable de La Violada (Huesca). Tesis doctoral. Universitat de Lleida.

Jiracheewee, N., Oron, G., murty, V.V.N. and Wuwongse, V., 1996. Computerized database for optimal management of community irrigation system in Thailand. Agric. Wat. Manag., 31: 237- 251 pp.

Ley de aguas, 2001. Texto refundido de la Ley de Aguas. BOE núm. 176 de 24 de Julio, 26791-26818 pp.

Lopéz, S. J., 2005. Panorámica general de la modernización de regadíos. Curso de Modernización de regadíos. CEDEX. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente.

Lozano, D. and Mateos, L., 2003. The GIS Module of SIMIS: Application to the irrigation scheme “Sector BXII del Bajo Guadalquivir”, Spain. In: Envirowater 2003. VI Inter-regional conference on environment-water. Land and water use planning and management, J. M. Tarjuelo, Martín de Santa Olalla, F. and Santos Pereira, L., (Eds.). Albacete, Spain. 144-146 pp.

Martínez-Cob, A., Faci, J.M., Bercero, A., 1998. Evapotranspiración y necesidades de

riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. Institución Fernando el Católico, Zaragoza. 223 pp.

Mateos, L., López-Cortijo, I. and Sagardoy, J. A., 2002. SIMIS: the FAO decisión support system for irrigation scheme management. *Agric. Wat. Manag.*, 56 (3): 193-206 pp.

Merkley, G.P. 1999. Waters. Irrigation Engineering Software Division. Biological and Irrigation Engineering Dept. Utah State University. Logan, Utah, USA.

Orden de 24 septiembre 1992 BOE núm. 249, 16 octubre 1992, pág. 35023 AGUAS. Instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para elaboración de los planes hidrológicos de cuencas intercomunitarias.

Playán, E. y Castillo, R. (P), 2001. Modernización de regadíos en Aragón : más vueltas sobre el tema.

Playán E., Caverio J., Mantero I., and Salvador V., 2001. Monitoring of irrigation systems: desing criteria of a database for irrigation. En: *Appropriate modernization and management of irrigation systems*, O. Tekinel, Hamdi, A., Lamaddalena, N., (Eds.). IAMB-CIHEAM, Bari, Italia. 299-340 pp.

Playán, E., Caverio, J., Mantero, I., Salvador, R., Lecina, S., Faci, J. M., Andrés, J., Salvador, V., Tejero, M., Martínez-Cob, A., 2000. Management of irrigation Districts whith a Specialized database: I. Análisis and implementation.

Playán, E., Caverio, J., Mantero, I., 2001. Ador un programa de ordenador para la gestión de comunidades de regantes. Registro de la Propiedad Intelectual nº 97.999.

Playán, E., Caverio, J., Mantero, I., Salvador, R., Lecina, S., Faci, J. M., 2004. El programa Ador: una herramienta para la mejora de la gestión del agua en las comunidades de regantes. *Riegos y Drenajes XXI*, 134: 44-50 pp.

Sagardoy, J.A., Pastore, G., Yamashita, I. and Lopez-Cortijo, I., 1999. SIMIS. Écheme

irrigation management information system. FAO. Rome, Italy.

Salvador, V., 2000. Desarrollo de un programa informático de gestión del agua en las comunidades de regantes. Aplicación a casos de estudio. Trabajo Final de Carrera de Ingeniero Técnico Agrícola, Escuela Universitaria politécnica de Huesca.

Tejero, M., 2003. Cálculo de la viabilidad temporal de las necesidades hídricas de los cultivos en las comarcas de Aragón. Proyecto Final de Carrera de Ingeniero Agrónomo. Escola Técnica Superior d'Enginyeria Agrària, Universitat de Lleida.

Urbano, P., 1995. Tratado de Fitotecnia General. (Eds.). Mundi-Prensa.

